Herausgeber: Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Dynamische Waldtypisierung Steiermark

Band 2

Anpassungsoptionen an den Klimawandel
und Beschreibung der Waldgruppen

© Copyright 2023: Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Impressum

Projektkoordination
Amt der Steiermärkischen Landesregierung,
Abteilung 10 Land- und Forstwirtschaft,
Referat Landesforstdirektion,
Graz, Österreich

Gesamtprojektleitung
DI Heinz Lick

Steuerungsgruppe
DI Heinz Lick, LFD DI Michael Luidold, beide Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10-Landesforstdirektion
FD DI Willibald Ehrenhöfer, Land &Forst Betriebe Steiermark
FD DI Stefan Zwettler, Landwirtschaftskammer Steiermark

Wissenschaftliche Projektleitung
Ao. Univ. Prof. Dr. Harald Vacik, Universität für Bodenkultur in Wien, Institut für Waldbau

Projektpartner

Universität für Bodenkultur Wien
- Institut für Waldbau
- Institut für Waldökologie
- Institut für Meteorologie
- Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft
- Institut für Waldökologie und Boden, Wien
- Institut für Naturgefahren, Innsbruck

Karl-Franzens-Universität Graz

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

JR-AquaConSol GmbH

WLM Büro für Vegetationsökologie und Umweltplanung Klosterhuber & Partner OG

ALPECON Wilhelmy Geowissenschaften GmbH

Bundesanstalt für Geologie, Geophysik, Klimatologie und Meteorologie

Leitung der Arbeitspakete

Geologie und Substratklassifikation: Ass. Prof. Dr. Gerfried Winkler (Leitung), Mag. Marcus Wilhelmy (Co-Leitung)
Terrestrik - Standorterkundung: Mag. Ralf Klosterhuber (Leitung), DI Dr. Michael Englisch (Co-Leitung)
Regionalisierung: Mag. Klaus Klebinder (Leitung), Ao. Univ. Prof. Dr. Klaus Katzensteiner (Co-Leitung)
Standortklassifikation: Dr. Michael Englisch (Leitung), Mag. Ralf Klosterhuber (Co-Leitung)
Baumarteneignung und Waldbauempfehlung: O. Univ. Prof. Dr. Manfred J. Lexer (Leitung), DI Dr. Michael Englisch (Co-Leitung)
Endprodukte Waldtypisierung: Ao.Univ.Prof. Dr. Harald Vacik (Leitung), Mag. Ralf Klosterhuber (Co-Leitung)
Projektmanagement und Koordination: Ao.Univ.Prof Dr. Harald Vacik (Leitung), MSc Yasmin Dorfstetter (Co-Leitung)
Datenbereitstellung und -Aufbereitung: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 17 Landes- und Regionalentwicklung, GIS-Steiermark: Dr. MSc Wilfried Sommer (Leitung)

Inhaltliche Beiträge und Mitarbeit von (in alphabetischer Reihenfolge und ohne akad. Titel):

Herbert Angerer, Günther Aust, Norbert Arzl, Wilfried Bedek, Sebastian Berka, Owen Bradley, Jenny Brandstätter, Susanne Brandstätter, Lisa Brückner, Thomas Canal, Thomas Exner, Vanessa Färber, Eugenie Fink, Herbert Formayer, Stefan Forstner, Manfred Föger, Reinhard Fromm, Josef Gadermaier, Karl Gartner, Roland Gattermayr, Leonhard Gogl, Günther Gollobich, Michael Grabner, Hans Gruber, Johann Gruber, Sigrid Gubo, Sebastian de Jel, Johannes Haas, Lucas Haas, Katharina Hadlauer, Karl Hagen, Hanspeter Haselmaier, Edwin Herzberger, Christian Hochauer, Konstantin Hohmann, Martina Hölbling, Dominic Holzbauer, Solveig Hopf, Manfred Hotter, Tobias Huber, Thomas Kainz, Michael Kessler, David Keßler, Roland Koeck, Bernhard Kohl, Margit Kurka, Walter Kurz, Kurt Krenn, Marie Lambropoulos, Christoph Langer, Veronika Lechner, Fabian Lehner, Gertrude Matzer, Roland Mayer, Gerhard Markart, Kerstin Michel, Erwin Moldaschl, Florian Müller, Fabian Nagl, Sebastian Nemestothy, Michael Neuhauser, Nikolaus Strobl, Iris Oberklammer, Frank Perzl, Tobias Plettenbacher, Hannes Pock, Alexander Podesser, Walter Poltnig, Christoph Pucher, Claudia Puschenjak, Alessandra Praxmarer, Herwig Proske, Rainer Reiter, Martin Rottensteiner, Judith Schaufler, Anna Schrötter, Marlon Schwienbacher, Simon Ewald Spitzer, Franz Starlinger, Markus Staudinger, Florian Streibel, Nikolaus Suntinger, Franz Tscherne, Elisabeth Lili Wächter, Thomas Wagner, David Wedenig, Raffaela Wettl, Simone Willburger, Elena Wilhelmy, Lukas Wischounig, Magdalena Witzmann, Paul Zelinka, Thomas Zimmermann, u.v.m.

Besonderer Dank gebührt auch allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Bezirksforstinspektionen für die Unterstützung bei den Außenaufnahmen!

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:
Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10 Land- und Forstwirtschaft, Landesforstdirektion in Kooperation mit den Projektpartnern der Dynamischen Waldtypisierung
Ragnitzstraße 193, A-8047 Graz
Druck: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10 Land- und Forstwirtschaft, Landesforstdirektion
www.waldtypisierung.steiermark.at

Editierung, Layout und Design von Band 1 und Band 2: DI Dr. Roland Koeck, DI Iris Oberklammer, Susanne Otruba, MSc Yasmin Dorfstetter, DI Michael Kessler, Ao.Univ.Prof.Dr. Harald Vacik

Fotos in Band 2: DI Dr. R. Koeck

Zitation:
Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2023): Dynamische Waldtypisierung Steiermark - Anpassungsoptionen an den Klimawandel und Beschreibung der Waldgruppen, Band 2, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, ABT10 Land- und Forstwirtschaft, Landesforstdirektion Graz, S. 448.

Mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union

Bundesministerium
Land- und Forstwirtschaft,
Regionen und Wasserwirtschaft

LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Das Land Steiermark
Land- und Forstwirtschaft

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums: Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete.

Vorwort



Die Zukunft des steirischen Waldes

Der steirische Wald ist ein Alleskönner: zugleich Lebensraum und Lebensgrundlage, Wirtschaftsmotor und Schutzfaktor. Darüber hinaus ist er ein prägendes Symbol unseres Landes, das ja nicht von ungefähr als „grüne Mark“ bekannt ist. In der breiten Öffentlichkeit ist auch vielen nicht bewusst, dass der heute so wichtige Begriff der Nachhaltigkeit seinen Ursprung in der Waldbewirtschaftung hat: Nur so viel Holz zu nutzen, wie auch nachwächst, ist das Fundament einer auf Dauer angelegten, generationengerechten Forstwirtschaft – und das schon seit Jahrhunderten. Aber auch die forstliche Zunft darf nicht stillstehen, sondern muss ihr Wissen stets ausbauen und vertiefen sowie die praktische Anwendung neuer Forschungsergebnisse in allen Bereichen vorantreiben. Gerade der Klimawandel, dessen Auswirkungen wir mehr als nur deutlich spüren, verlangt neue Methoden und Antworten, die auf die Gegebenheiten unserer Umwelt Rücksicht nehmen. Zudem wissen wir, dass ein fachgerecht bewirtschafteter Wald den besten Beitrag für den Klimaschutz leistet.

Der große Naturforscher Charles Darwin hat es auf den Punkt gebracht: „Alles, was gegen die Natur ist, hat auf Dauer keinen Bestand.“ Aus diesem Geist heraus ist auch das Projekt „Dynamische Waldtypisierung“ entstanden: Die Auswahl geeigneter Baumarten für die unterschiedlichsten Standorte ist die zentrale Herausforderung für die forstliche Arbeit unserer Zeit. In einem innovativen Leuchtturmprojekt wurden mit modernsten wissenschaftlichen Methoden umfangreich Daten erhoben und ausgewertet. Die auf dieser Basis erstellten IT-gestützten Arbeitsunterlagen werden in Zukunft breite Anwendung in der forstlichen Bewirtschaftungs- und Beratungspraxis finden.

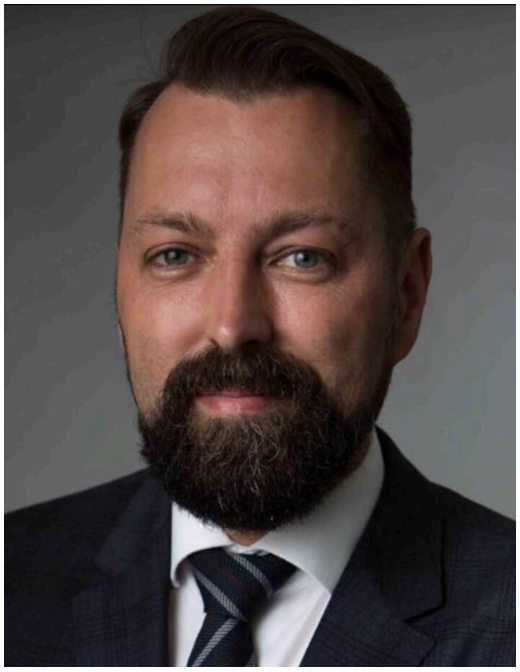
Ich danke allen, die am Projekt „Dynamische Waldtypisierung“ mitgewirkt haben – allen voran dem Team der Landesforstdirektion unter Hofrat DI Michael Luidold, auch allen Waldbesitzerinnen und Waldbesitzern für ihre Unterstützung bei den Außenaufnahmen und ihren Interessenvertretungen Landwirtschaftskammer Steiermark und Land&Forst Betriebe Steiermark für deren wertvolle und konstruktive Mitarbeit in der Steuerungsgruppe. Arbeiten wir gemeinsam an der Zukunft des steirischen Waldes und einer nachhaltigen Zukunft für die „grüne Mark“!

Herzlichst

Ihr

Landesrat Ök.-Rat Hans Seitinger

Dynamische Waldtypisierung – zukunftweisendes Forschungsprojekt für die Waldbewirtschaftung



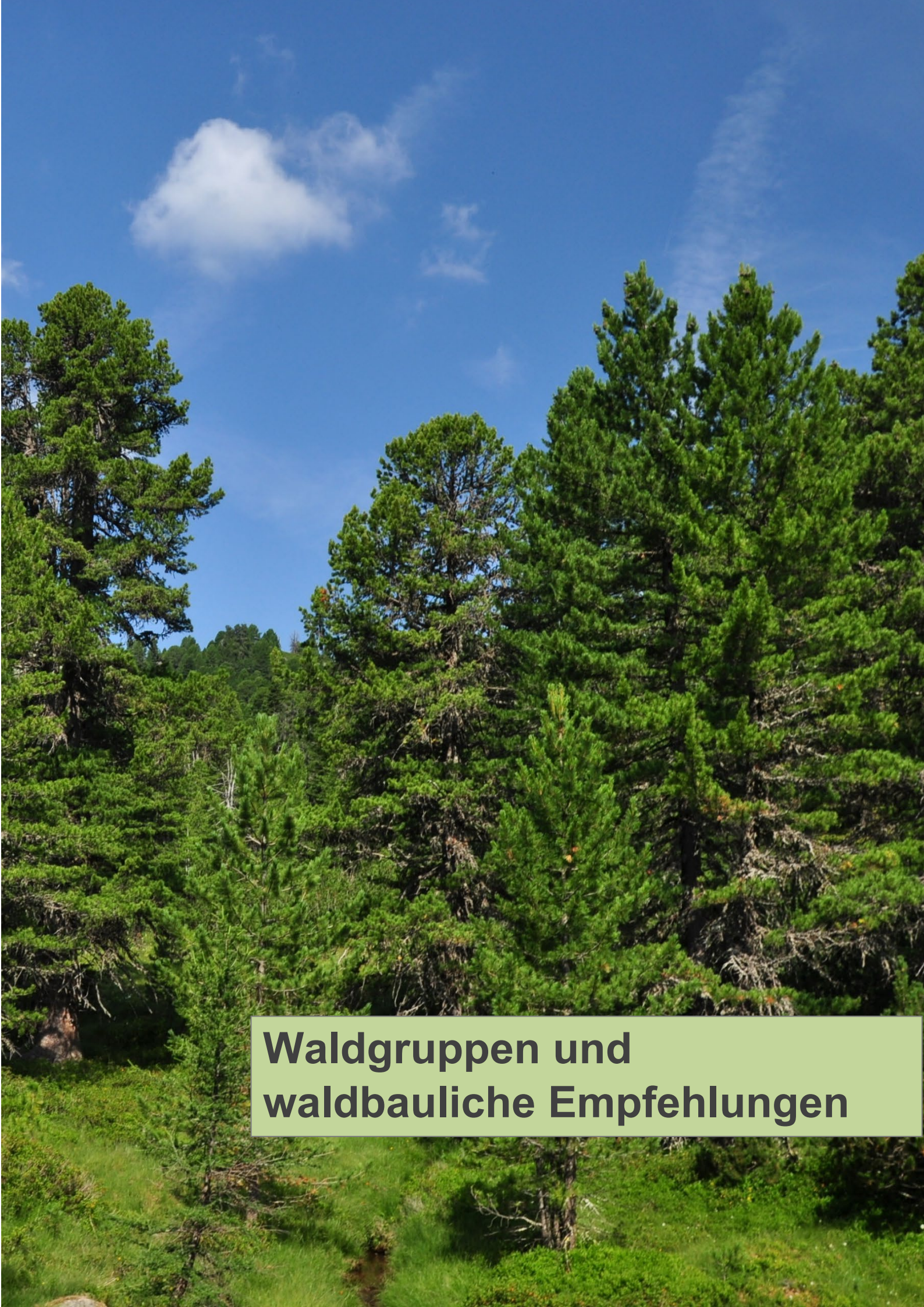
Der Klimawandel ist nicht nur in aller Munde, sondern für viele Waldeigentümerinnen und Waldeigentümer bereits massiv wahrnehmbar. Sei es durch die Häufung von Naturkatastrophen, Hitze- und Trockenperioden und dadurch bedingte Borkenkäfermassenvermehrungen. Damit die Waldbestände diesen Herausforderungen standhalten können, ist neben geeignetem Vermehrungsgut vor allem die richtige Baumartenwahl entscheidend.

Zu diesem Zweck hat das Land Steiermark das Forschungsprojekt „Dynamische Waldtypisierung“ bei der Universität für Bodenkultur in Auftrag gegeben. Insgesamt 12 Forschungsinstitutionen mit mehr als 100 wissenschaftlich tätigen Personen erarbeiteten eine auf den Standort und die klimatischen Einflüsse angepasste Planungs- und Beratungsgrundlage für die Waldbewirtschaftung in der Steiermark. Im Wesentlichen steht nun nach Abschluss des Projektes jeder Waldbesitzerin/jedem Waldbesitzer eine gezielt auf ihren Standort abgestimmte Empfehlung von bis zu 64 unterschiedlich geeigneten Baumarten und deren Bewirtschaftung zur Verfügung, die unterschiedliche Klimaszenarien (Jahresmitteltemperatur wie bisher, +2°, +4°) berücksichtigt und dabei auch Aussagen über die Baumarteneignung für den Zeithorizont 2070-2100 zulässt.

Mit diesem Forschungsprojekt, welches übrigens einzigartig in Europa ist, werden damit erstmalig wissenschaftlich fundierte Aussagen über die klimawandelbedingten Veränderungen der Eigenschaften jedes einzelnen Waldstandortes getroffen. Auf Basis dieses Forschungsprojektes kann es in Verbindung mit dem Geschick der Forstleute gelingen nicht nur die umfangreichen Funktionen des Waldes sicherzustellen, sondern vor allem auch die Produktionsbedingungen der Forstwirtschaft zu verbessern und damit die Existenzsicherung der Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer für die Zukunft zu gewährleisten.

Landesforstdirektor HR DI Michael Luidold


© R. Köck



Waldgruppen und waldbauliche Empfehlungen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Übersicht der Waldgruppen	**1**
1. ZI – Zirbenwald-Standorte	**2**
1.1 Standorte heute	3
1.2 Standorte im Klimawandel	7
1.3 Limitierende Faktoren und Risiken	9
1.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen	12
1.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz	13
1.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit	16
1.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit	17
1.5 Waldbau im Schutzwald	19
2. FZ – Fichten-Zirbenwald-Standorte	**22**
2.1 Standorte heute	23
2.2 Standorte im Klimawandel	28
2.3 Limitierende Faktoren und Risiken	31
2.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen	34
2.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz	35
2.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit	39
2.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit	41
2.5 Waldbau im Schutzwald	44
3. Fs – Fichtenwald-Standorte subalpin	**46**
3.1 Standorte heute	47
3.2 Standorte im Klimawandel	52
3.3 Limitierende Faktoren und Risiken	56
3.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen	59
3.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz	60
3.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit	63
3.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit	67
3.5 Waldbau im Schutzwald	71
4. FT – Fichten-Tannenwald-Standorte	**74**
4.1 Standorte heute	75
4.2 Standorte im Klimawandel	78
4.3 Limitierende Faktoren und Risiken	81
4.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen	84
4.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz	85
4.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit	88
4.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit	92
4.5 Waldbau im Schutzwald	96

5. BFT – Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte **98**
5.1 Standorte heute 99
5.2 Standorte im Klimawandel 103
5.3 Limitierende Faktoren und Risiken 106
5.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 109
5.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 110
5.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 112
5.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit 117
5.5 Waldbau im Schutzwald 121

6. FTB – Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte **124**
6.1 Standorte heute 125
6.2 Standorte im Klimawandel 129
6.3 Limitierende Faktoren und Risiken 132
6.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 136
6.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 137
6.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 140
6.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit 146
6.5 Waldbau im Schutzwald 151

7. BU – Buchenwald-Standorte **154**
7.1 Standorte heute 155
7.2 Standorte im Klimawandel 159
7.3 Limitierende Faktoren und Risiken 162
7.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 166
7.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 167
7.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 170
7.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen 174
7.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit 177
7.5 Waldbau im Schutzwald 183

8. EB – Eichen-Buchenwald-Standorte **186**
8.1 Standorte heute 188
8.2 Standorte im Klimawandel 192
8.3 Limitierende Faktoren und Risiken 195
8.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 199
8.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 200
8.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 203
8.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen 208
8.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit 211
8.5 Waldbau im Schutzwald 216

9. EH – Eichen-Hainbuchenwald-Standorte **218**
9.1 Standorte heute 219
9.2 Standorte im Klimawandel 223
9.3 Limitierende Faktoren und Risiken 226

9.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 230
9.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 231
9.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 235
9.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen 239
9.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit 240
9.5 Waldbau im Schutzwald 245

10. EHb – Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte 248
10.1 Standorte heute 249
10.2 Standorte im Klimawandel 253
10.3 Limitierende Faktoren und Risiken 256
10.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 260
10.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 261
10.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 265
10.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen 270
10.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit 271
10.5 Waldbau im Schutzwald 276

11. FTK, FTA, FKB 278
FTK – Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte
FTA – Fichten-Tannen-Ahornwald-Standorte
FKB – Fichten-Kiefern-Buchenwald-Standorte
11.1 Standorte heute 280
11.2 Standorte im Klimawandel 284
11.3 Limitierende Faktoren und Risiken 287
11.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 293
11.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 294
11.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 297
11.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen 301
11.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit 302
11.5 Waldbau im Schutzwald 306

12. EIK, EIm, EIs 308
EIK – Eichen-Kiefernwald-Standorte
EIm – Eichenwald-Standorte (sub)mediterran (Flaum-Eiche)
EIs – Eichenwald-Standorte subkontinental (Zerr-Eiche)
12.1 Standorte heute 310
12.2 Standorte im Klimawandel 314
12.3 Limitierende Faktoren und Risiken 317
12.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 322
12.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 323
12.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 327
12.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen 329
12.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit 330
12.5 Waldbau im Schutzwald 334

13. LI, KI, Fm **336**
LI – Lindenmischwald-Standorte
KI – Kiefernwald-Standorte
Fm – Fichtenwald-Standorte montan
13.1 Standorte heute 337
13.2 Standorte im Klimawandel 341
13.3 Limitierende Faktoren und Risiken 343
13.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 348
13.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 349
13.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 351
13.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen 353
13.5 Waldbau im Schutzwald 354

14. MH, Ews **356**
MH – Manna-Eschen-Hopfenbuchenwald-Standorte
Ews – Eichensteppenwald-Standorte
14.1 Standorte heute 358
14.2 Standorte im Klimawandel 358
14.3 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen 360
14.3.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz 360
14.3.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit 361

15. Sonderwaldstandorte in der Steiermark **362**
15.1 Stark Pseudovergleyte Standorte (Stauwasser) 364
15.2 Ultrabasite, Serpentinit-Standorte 367
15.3 Auwald-Standorte (Auen) 370
15.4 Wasserbeeinflusste Standorte (Wasserzug) 381
15.5 Nass-Standorte (Vernässung) 388
15.6 Organische Standorte und Moore (Moore) 390
15.7 Lawinare- und Schneelagenstandorte (Schneelagen) 394
15.8 Krummholz-Standorte 397
15.9 Blockwald-Standorte 403
15.10 Rutschungsstandorte (Rutschungen) 406
15.11 Schuttstandorte, durch Steinschlag oder Schutt (Schutt) 408

16. Referenzen **412**

Glossar **418**

Literatur Glossar **436**

Waldgruppen und waldbauliche Empfehlungen

Roland Koeck, Iris Oberklammer und Harald Vacik
unter Mitwirkung von Sebastian de Jel, Michael Kessler, Ralf Klosterhuber, Josef Krogger und Heinz Lick

1. Zl
Zirbenwald-Standorte
in der sehr kalten Nadelwaldzone

2. FZ
Fichten-Zirbenwald-Standorte
in der kalten Nadelwaldzone

3. Fs
Fichtenwald-Standorte subalpin
in der mäßig kalten Nadelwaldzone

4. FT
Fichten-Tannenwald-Standorte
in der sehr kühlen Nadelwaldzone und
in der kühlen Nadelwaldzone

5. BFT
Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte
in der kühlen Mischwaldzone

6. FTB
Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte
in der mäßig kühlen Mischwaldzone

7. BU
Buchenwald-Standorte
in der mäßig milden Mischwaldzone

8. EB
Eichen-Buchenwald-Standorte
in der milden Laubwaldzone

9. EH
Eichen-Hainbuchenwald-Standorte
in der sehr milden bis milden Laubwaldzone

10. EHb
Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte
in der mäßig warmen Laubwaldzone

11. FTK, FTA, FKB
FTK - Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte
FTA - Fichten-Tannen-Ahornwald-Standorte
FKB - Fichten-Kiefern-Buchenwald-Standorte
in der mäßig milden bis mäßig kühlen
Mischwaldzone

12. EIK, EIm, EIs
EIK - Eichen-Kiefernwald-Standorte
EIm - Eichenwald-Standorte (sub)mediterran
(Flaum-Eiche)
EIs - Eichenwald-Sto. subkontinental (Zerr-Eiche)
in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone

13. Ll, Kl, Fm
Ll - Lindenmischwald-Standorte
Kl - Kiefernwald-Standorte
Fm - Fichtenwald-Standorte montan
in der sehr milden Laubwaldzone bis sehr kühlen
Nadelwaldzone

14. MH, Ews
MH - Manna-Eschen-Hopfenbuchenwald-Standorte
Ews - Eichensteppenwald-Standorte
Virtuelle Waldstandortseinheiten

15. SoSto
Sonderwaldstandorte

16. Referenzen

1. Zl – Zirbenwald-Standorte

in der sehr kalten Nadelwaldzone

Tabelle 1.1: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe Zl* – Zirbenwald-Standorte in der sehr kalten Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt	Verbreitung
Zl123cg	carbonatisch bis basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	trocken bis mäßig frisch	24 ha / 1,3%
Zl45cg	carbonatisch bis basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	frisch bis sehr frisch	529 ha / 29,3%
Zl23rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken bis mäßig frisch	6 ha / 0,3%
Zl45rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	608 ha / 33,7%
Zl3ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	mäßig frisch	0,7 ha / 0,04%
Zl45ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	627 ha / 34,8%
Zl6ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht	11 ha / 0,6%

Charakteristika

Verbreitung Die Waldgruppe der Zirbenwald-Standorte (Zl) kommt in der **sehr kalten Nadelwaldzone** auf 1.805 ha vor, was rund 0,16 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Es sind das in der klassischen Bezeichnung die hochsubalpinen Standorte der steirischen Gebirgsgruppen.

Baumartenspektrum Zirbe, Lärche

Straucharten Latsche, Grün-Erle, Großblatt-Weide, weitere Weidenarten, Zwergstrauch-Weidenarten

Gastbaumarten Es gibt in dieser Waldvegetationszone keine geeigneten Gastbaumarten.

Strukturen In der Waldgruppe sind von Zirbe dominierte Waldbestände vorherrschend, wobei in den silikatischen Gebirgsgruppen vor allem Kampfwald-Stadien ausgebildet sind (Zirbe im Jungwuchs- bis bestenfalls Dickungsstadium an der aktuellen Waldgrenze). Nur in den Nördlichen Kalkalpen (Dachsteinmassiv) gibt es auch Zirben-Bestände im Baumholzstadium. Die Lärche vermag sich zum Teil als Mischbaumart zu etablieren. Rottenstrukturen sind in der *Waldgruppe Zl* verbreitet bestandesprägend.

1.1 Standorte heute

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe ZI* – Zirbenwald-Standorte kommen in der Steiermark in den sehr kalten Gebirgslagen vor. Die Verbreitung ist aufgrund der geringen Flächenanteile nicht graphisch darstellbar und wird in der nächsten Waldvegetationszone (FZ) in Kapitel 2 integriert. Diese sehr kalte Nadelwaldzone erstreckt sich in ihrem Kernbereich je nach Wuchsgebiet etwa zwischen 1800 m und 2300 m Seehöhe. Aktuell werden die Waldbestände in dieser Waldvegetationszone von Zirbe und Lärche gebildet, wobei zumeist Zirbe alleine vorherrschend auftritt. Immer wieder sind in dieser Waldgruppe Latsche oder Grün-Erle oder die verschiedensten Weidenarten in der Strauchschicht vorhanden.

Die *Waldgruppe ZI* erstreckt sich in erster Linie in den höheren, westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark, demnach vom Zirbitzkogel über die Gurktaler Alpen, Niederen Tauern, Dachstein, Ennstaler Alpen bis zum westlichen Gesäuse. Im Osten sind die Gebirge zu niedrig, um die Waldgruppe in dieser Waldvegetationszone auszubilden (u.a. Hochwechsel, Pretul, Hochschwab). Die Ausdehnung der Zirben-Waldbestände in der Steiermark ist in der sehr kalten Nadelwaldzone aktuell sehr gering (Tab. 1.1). Zirbe erreicht in der *Waldgruppe ZI* nur geringe Wuchshöhen von weniger als 12 m (Dachsteingruppe), in den silikatischen Gebirgsgruppen ist Zirbe in der *Waldgruppe ZI* ohnehin zumeist nur im Jungwuchsstadium vorzufinden. Die Steiermark teilt sich in den Gurktaler Alpen mit Kärnten und Salzburg die weitläufigsten Zirbenwälder, die *Waldgruppe ZI* ist dort aktuell als Kampfwaldzone zu bezeichnen. Zirbe muss sich in der Kampfwaldzone derzeit speziell auch gegen den starken Schalenwildeinfluss behaupten (Wildverbiss, Verfegen, Schälschäden), ein Einfluss, der aktuell weitläufig als Hindernis für ihre erfolgreiche Verjüngung zu bezeichnen ist.

Für die waldbaulichen Empfehlungen ist die jeweilige Ausgangslage von entscheidender Bedeutung. Die Frage, ob es sich bei den bedachten Waldbeständen um ausgebildete Zirben-Baumholzstadien (Nördliche Kalkalpen) oder um Jungwuchsstadien in der Kampfwaldzone handelt, ist also zentral. Waldbauliche Maßnahmen werden in der *Waldgruppe ZI* nur in Ausnahmefällen zu tätigen sein, weil die Standorte zumeist sehr entlegen sind und keine vertretbaren wirtschaftlichen Nutzungen erlauben. Nur Schutzwaldüberlegungen werden im Kontext immer wieder von Bedeutung sein. Dabei sind neben klassischen waldbaulichen Strategien immer wieder Maßnahmen zur Herbeiführung waldökologisch tragfähiger Schalenwildbestände zu integrieren, um eine erfolgreiche Verjüngungsentwicklung zu ermöglichen.

Die Mischungsverhältnisse zwischen Zirbe und Lärche sind in der *Waldgruppe ZI* zwar unterschiedlich, zumeist ist Zirbe aber die alleine herrschende Baumart.

Relief

Es sind in der *Waldgruppe ZI* der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Mittelhanglagen und Oberhanglagen dominieren. In den meisten Gebirgsgruppen sind die Taleinhänge sehr steil ausgeprägt, was die Schutzwald-Funktion der Waldbestände immer wieder in den Vordergrund rückt. Die Hanglagen können in diversen Gebirgsgruppen entweder als steile Flanken (u.a. Niedere Tauern, Dachstein) oder auch relativ sanft verlaufend (Zirbitzkogel, Gurktaler Alpen) ausgeprägt sein.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der kalten Nadelwaldzone der *Waldgruppe ZI* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1,3°C. Dabei schwankt die Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten nur wenig, in ZI45cg ist sie mit 1,5°C am höchsten, in ZI45rm ist sie mit 1,1°C am geringsten (Abb. 1.1). Die Wärmeversorgung bedingt, dass aktuell in der Waldgruppe nur die Baumarten Zirbe und Lärche und die Straucharten Latsche, Grün-Erle und Weidenarten vorkommen.

Der **Jahresniederschlag** in der *Waldgruppe ZI* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1.435 mm. Dabei schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten deutlich, in ZI45cg ist der Wert mit 1.734 mm am höchsten, in ZI23rm ist der Wert mit 1.079 mm am kleinsten (Abb. 1.1). Die mittlere Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone zeigt jedoch, dass es aufgrund der Gebirgslage zu höheren Niederschlägen kommt.

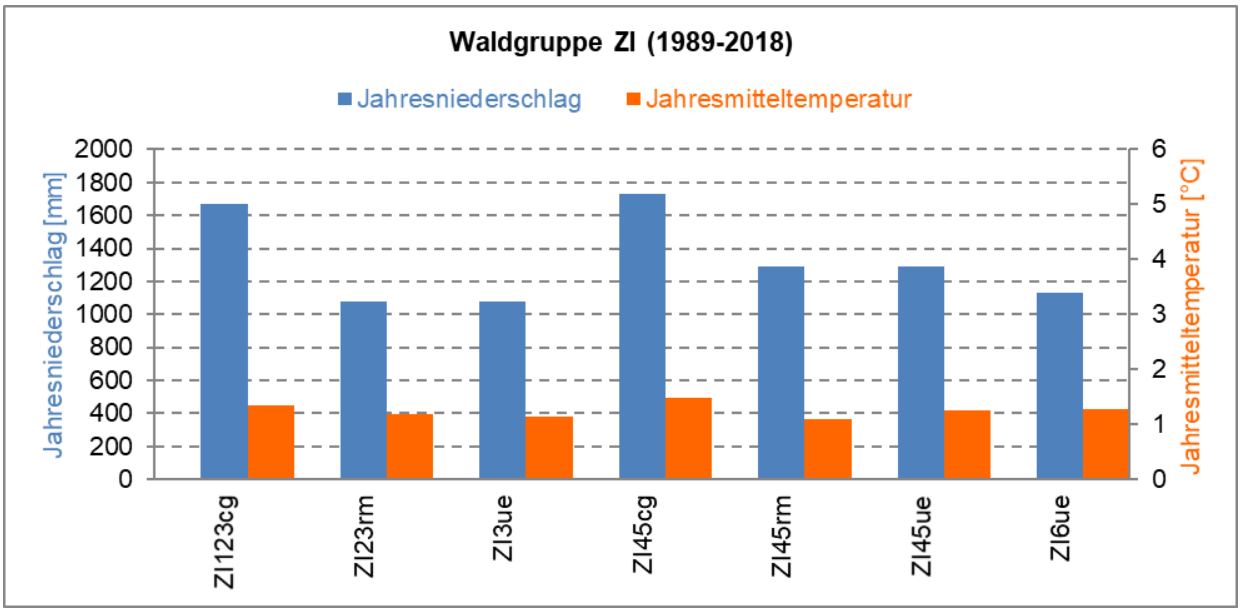


Abbildung 1.1: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe ZI* - Zirbenwald-Standorte für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Jene wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der Bodenwasserspeicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. Aufgrund der Höhenlage und dem Niederschlagsreichtum in der sehr kalten Nadelwaldzone sind in der *Waldgruppe ZI* die Wasserhaushaltsstufen „frisch“ und „sehr frisch“ dominant, seltener treten „feucht“, „mäßig frisch“ oder „mäßig trocken“ und „trocken“ auf (Tab. 1.1).

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe ZI* angezeigt. Alle beiden Baumarten und die Straucharten der Waldvegetationszone können die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen. Die meisten Nährstoffvorräte sind auf den Waldstandortseinheiten ZI45rm und ZI23rm (basenreiche bis basenhaltige Substrate) zu

finden. Eher geringe Nährstoffversorgung zeigen die Einheiten ZI123cg und ZI45cg an (carbonatische bis basengesättigte Standorte), wenngleich auf basengesättigten Standorten (feinerdereiche Karbonatgesteine) durchaus auch relativ gute Nährstoffversorgung gegeben sein kann, nicht jedoch auf carbonatischen Standorten (feinerdearme Karbonatgesteine, zumeist Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen). Als mittelmäßig nährstoffversorgt kann man die basenarmen Standorte bezeichnen (ZI3ue, ZI45ue). Die Standortsunterschiede bezüglich der Nährstoffversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen.

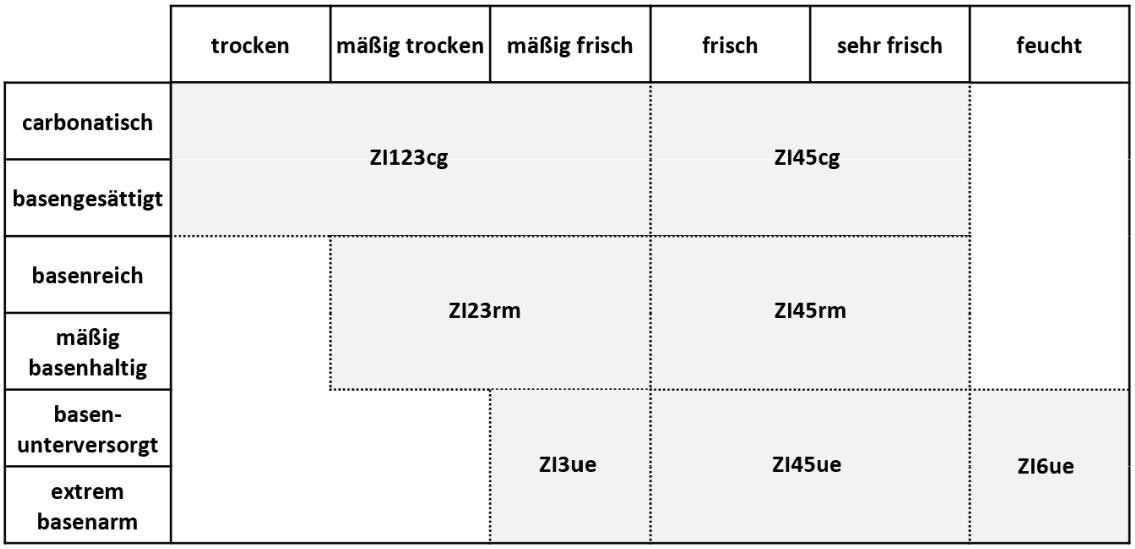


Abbildung 1.2: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe ZI* – Zirbenwald-Standorte.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 1.2).

In allen Gebirgsgruppen der Steiermark können in der sehr kalten Nadelwaldzone auf besonders steilen und zumeist schattseitigen Standorten von Lärche dominierte Waldbestände gedeihen. Es sind dies Standorte, welche durch starkes „Schneekriechen“ geprägt sind. Die Etablierung von Zirbe ist auf diesen Standorten erschwert, und zwar aufgrund von Schneeschimmel und Schneedruck auf den feuchten und steilen Standorten; Zirbe fehlt hier fast durchgehend, dafür dominiert Lärche, oft mit bis zu 100 % Anteil. Die *Waldgruppe LA* wird aufgrund des eher seltenen Vorkommens der Waldstandortseinheiten im Standortmodell allerdings nur zusammenfassend in diesem Kapitel beschrieben. Diese Waldstandortseinheiten finden sich oft gemeinsam mit den als *Waldgruppe ZI* gekennzeichneten Flächen, WaldbesitzerInnen können sie an der Dominanz von Lärche in den Waldbeständen erkennen.

Die *Waldgruppe LA* (Lärchenwald-Standorte) kommt laut Standortsmodell auf rund 1 ha (0,00007 % der Waldfläche in der Steiermark) in der mäßig kalten bis sehr kalten Nadelwaldzone vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufe „feucht“ gekennzeichnet. Sie umfasst sowohl feinerdearme und feinerdereiche Karbonatgesteine als auch basenreiche bis mäßig basenhaltige Silikatgesteine. Ihre tatsächliche Verbreitung ist vermutlich größer, aber nicht modellierbar.

Tabelle 1.2: Übersicht zu den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LA* (Lärchenwald-Standorte)

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
LA6cg	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	feucht	0,6 ha / -
LA6rm	basenreich und basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	feucht	0,4 ha / -

In der *Waldgruppe LA* sind vor allem Mittelhanglagen ausgebildet, jene sind die Örtlichkeiten, wo Schneereichtum und Steilheit zusammen auftreten. Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LA* umspannen Basenklassen „c“ und „g“ (carbonatische und basengesättigte Standorte, als feinerdearme und feinerdereiche Karbonatgesteine) und die Basenklassen „r“ und „m“ (basenreiche und mäßig basenhaltige Silikatgesteine). Es sind in dieser Waldgruppe also durchaus nährstoffreiche Substrate vorhanden (Tab 1.2). Auf diesen feuchten Standorten gedeiht fast ausschließlich Lärche. Fichte und Zirbe fallen aufgrund von Schimmelbefall und dem Prozess des Schneekriechens aus. Birke und Vogelbeere können in der mäßig kalten Nadelwaldzone auftreten, jedoch nicht in der sehr kalten Nadelwaldzone. Die Jahresmitteltemperatur in der *Waldgruppe LA* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1,5°C. Der Jahresniederschlag in der *Waldgruppe LA* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1.742 mm. Die Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlag werden laut den unterstellten Szenarien ansteigen und die *Waldgruppe LA* wird in der Klimazukunft noch eine geringere Verbreitung aufweisen und unter Umständen verschwinden (Tab. 1.3).

Tabelle 1.3: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der Waldgruppe LA

	Waldgruppe	1989-2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmitteltemperatur (°C)	LA	1,5 °C	3,6 °C	5,0 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	LA	1742 mm	1867 mm	1815 mm

Dennoch ist auf den schneereichen und steilen Standorten in der Gegenwart weiterhin Lärche die einzige Baumart, welche das starke Schneekriechen überleben kann. Somit sind die Waldbestände oft auch am Säbelwuchs von Lärche zu erkennen. Daher ist bis auf weiteres die Lärche auf diesen Standorten zu fördern beziehungsweise ihrer natürlichen Entwicklung zu überlassen. Aktuell kann man auf diesen Standorten keine anderen Baumarten forstlich begründen. In den verbreiteten Lärchenbeständen in *Waldgruppe LA* ist auf eine hohe Einzelbaumstabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden.

Auf den feuchten Standorten (LA6cg, LA6rm) können Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (LA6cg). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humusmaterial in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe LA* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen,

Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich immer wieder qualitativ und quantitativ stark.

Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte. Lärche ist dominant und der wesentliche Stabilitätsträger, das Erhalten einer stabilen Bestockung ist von zentralem Interesse (Lawinenschutz). Alle auftretenden Mischbaumarten sind – wenn möglich – zu erhalten.

1.2 Standorte im Klimawandel

Wärme- und Wasserversorgung

Der Anstieg der Jahresmitteltemperatur wird von aktuell bis 2085 laut Klimaszenarien deutlich sein, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 1.4). Die Veränderung der Jahresmitteltemperatur von aktuell 1,3 °C auf 3,6 °C im Jahr 2085 unter RCP 4.5 würde den Werten der mäßig kalten Nadelwaldzone (*Waldgruppe Fs*) entsprechen, jene auf 4,7 °C unter RCP 8.5 würde den Werten der sehr kühlen Nadelwaldzone (*Waldgruppe FT*) entsprechen (Tab. 1.4).

Tab. 1.4: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der *Waldgruppe ZI*.

Zeitlinie	**1989 – 2018**	**2085 (RCP 4.5)**	**2085 (RCP 8.5)**
Jahresmitteltemperatur (°C)	1,3 °C	3,6 °C	4,7 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	1435 mm	1534 mm	1506 mm

Dabei verändern sich die Jahresmitteltemperatur und die Jahresniederschlagssumme der Waldstandortseinheiten relativ gesehen zueinander ähnlich, unabhängig vom gewählten Klimawandelszenario. ZI45cg weist mit 3,6°C (bzw. 4,9°C) die höchste Jahresmitteltemperatur auf, in ZI45rm ist sie mit 3,2°C (bzw. 4,5°C) am kleinsten. ZI45cg weist mit 1.851 mm (bzw. 1.804 mm) die höchste Jahresniederschlagssumme auf, in ZI23rm ist der Wert mit 1.133 mm (bzw. 1.144 mm) am kleinsten (Abb. 1.3, 1.4).

Damit verbunden wäre eine Flächenabnahme der *Waldgruppe ZI* in den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark, weil oberhalb der heutigen Standorte der *Waldgruppe ZI* vielfach keine waldfähigen Standorte mehr ausgebildet sind (z.B. Felswände in den Nördlichen Kalkalpen der Steiermark). Anders sieht die Situation in den Gurktaler Alpen und den Niederen Tauern aus, wo oberhalb der heutigen Waldgrenze verbreitet bewaldungsfähige Almen mit Grasbewuchs vorhanden sind. Das Höhenlimit der Verbreitung der *Waldgruppe ZI* ist in der Klimazukunft, wie auch heute, mit rund 2300 m Seehöhe definiert (Abb. 1.5), was aber vor allem mit der heutigen Verbreitung des Waldes für die Steiermark zu erklären ist (definiert durch die aktuelle Karte der Waldbedeckung). Trotzdem muss hervorgehoben werden, dass oberhalb dieser Seehöhe in der Steiermark oft nur wenig bewaldungsfähige Standorte existieren (Felswände, Schuttstandorte) oder dass die Bergmassive einfach niedriger sind.

Diverse Baumarten zeigen die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft in Teilbereichen der heutigen *Waldgruppe ZI* an Bedeutung gewinnen werden. Dazu sind vor allem Fichte und Vogelbeere zu nennen. Die heutige *Waldgruppe ZI* wird sich somit in die *Waldgruppe FZ*

(Fichten-Zirbenwald-Standorte) verändern. Der Prozess der Einwanderung der Laubbaumart Vogelbeere und der Fichte in die heutigen Standorte der *Waldgruppe ZI* kann unter Umständen auf Teilflächen waldbaulich beschleunigt und unterstützt werden. Zumeist ist eine angemessene Wildstandsreduktion empfohlen bzw. dringend notwendig, um eine nachhaltige Waldentwicklung in den Kampfzonen der steirischen Gebirge zu ermöglichen. Die Wachstumsbedingungen für die drei Nadelbaumarten Zirbe, Lärche und Fichte werden durch den Temperaturanstieg verbessert. Zirbe wird weiterhin die bestandesbildende Baumart in der heutigen sehr kalten Nadelwaldzone sein.

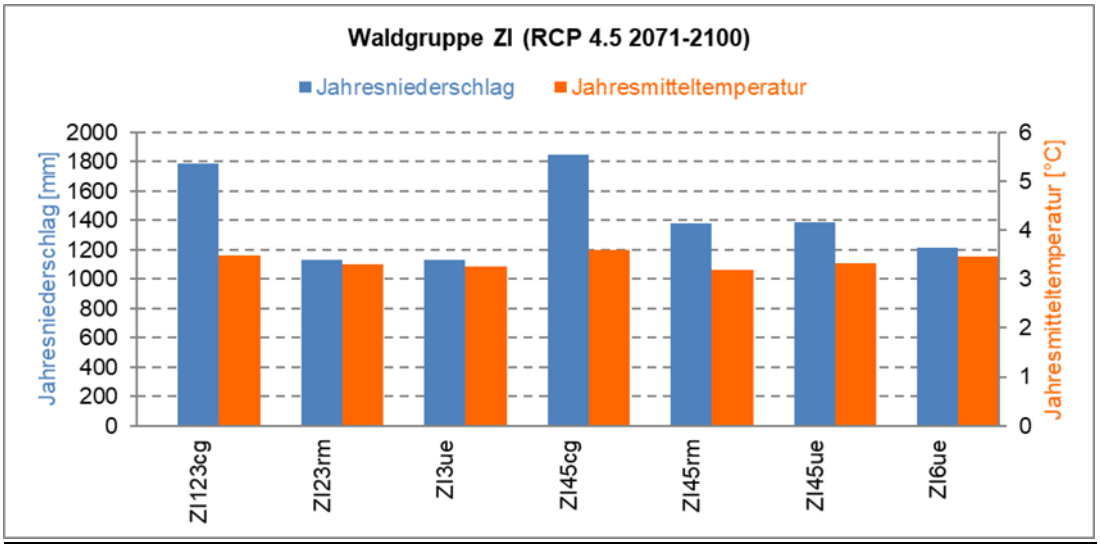


Abbildung 1.3: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe ZI* - Zirbenwald-Standorte für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 4.5 für die Steiermark.

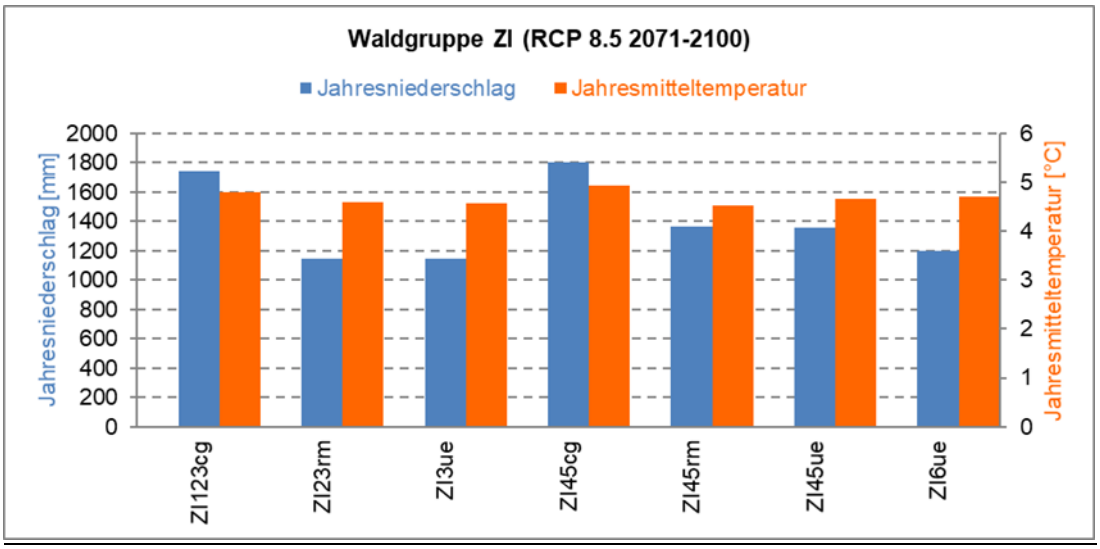


Abbildung 1.4: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe ZI* - Zirbenwald-Standorte für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 8.5 für die Steiermark.

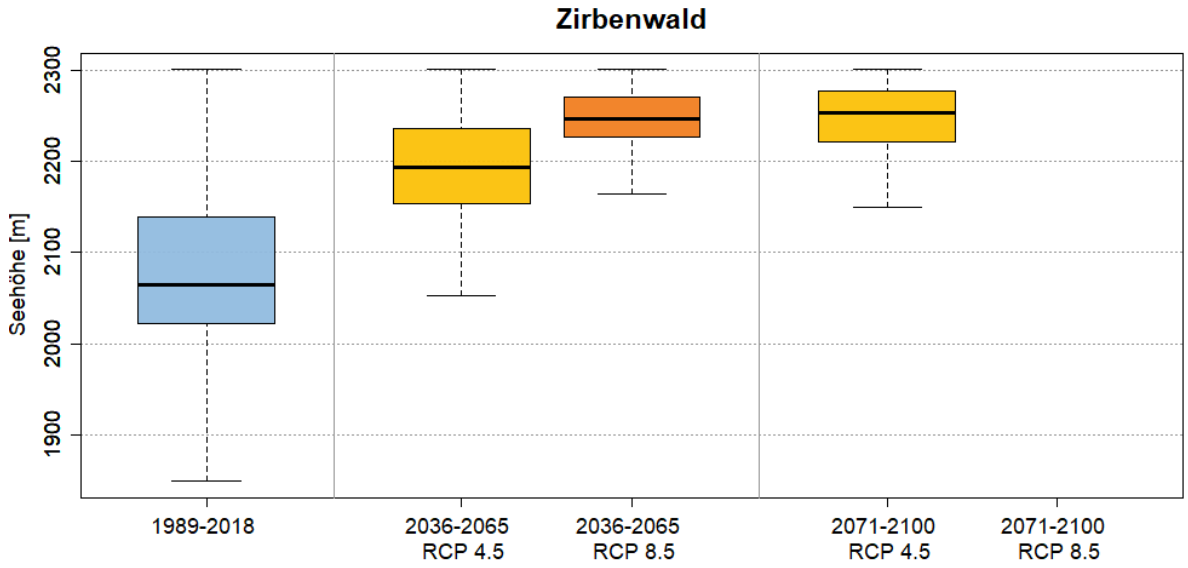


Abbildung 1.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe ZI* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

1.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf Standorten des ZI123cg und ZI3ue kann Vergrasung als Folge von großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf Standorten des ZI45cg und ZI45rm können wiederum Farne und Hochstauden in großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Nährstoffarme Standorte (ZI3ue, ZI45ue, ZI123cg, ZI45cg) können durch großflächige Kahlschläge oder intensive Biomasse-Nutzung degradiert werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoff-Auswaschung oder Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996). Das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde stellt einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe ZI* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt, was die Standorte langfristig beeinträchtigt und ihre Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone (wenn überhaupt durchführbar) möglichst kleinflächig oder schlitzförmig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden.

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten des ZI123cg und ZI45cg, welche flachgründige Rendzinen oder Kalkbraunlehme auf Kalken und Dolomiten aufweisen. Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe ZI* aktuell selten, weil es zumeist zu kalt ist. Deshalb wird die Schneebruchgefahr auf diesen Standorten in der Regel als gering eingestuft, durch den Klimawandel kann sich das aber ändern. Ein Hinweis darauf sind starke Schneefall-Ereignisse der letzten Jahre, beispielsweise im September, wodurch Wipfelbruch auch bei Zirbe auftreten könnte. Grundsätzlich zählt die Zirbe zu den besonders Schneebruch-resistenten Baumarten, da ihre Äste verhältnismäßig kurz und elastisch sind (McKinney et al. 2009), was ihre zentrale Bedeutung als herrschende Baumart in der Waldgruppe hervorhebt.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe ZI* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können. Zirbe ist gegen Steinschlag relativ unempfindlich. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe ZI* mit großer Häufigkeit in den Kalkalpen der Steiermark auf, allerdings ist Steinschlag-Gefahr auch in den anderen Gebirgsgruppen auf felsigen Steilstandorten gegeben. Grundsätzlich ermöglichen Lücken von > 20 m Länge in Falllinie bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden.

Waldbrand: In der *Waldgruppe ZI* ist nur eine geringfügige Waldbrandgefahr gegeben, was vor allem auf die kühleren Temperaturen und höheren Niederschlagsmengen in der Waldvegetationszone zurückzuführen ist. Trotzdem ist während lange andauernden Trockenperioden auf sonnseitigen Standorten mit Moderhumus-Auflagen (ZI123cg, ZI45cg) Achtsamkeit empfohlen, um etwaige Entzündungen zu vermeiden, da diese Standorte auch das höchste Gefährdungspotential aufweisen.

Trockenheit: In der *Waldgruppe ZI* ist das Risiko von Trockenschäden an den Waldbeständen aufgrund der Seehöhe und dem damit verbundenen günstigeren Wasserhaushalt relativ gering. Trotzdem kann während lange andauernden Hitzeperioden in großen Bestandeslücken direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung führen. Trockenperioden können besonders auf den trockenen bis mäßig frischen Standorten (ZI123cg, ZI23rm, ZI3ue) zu Stress an den dort stockenden Bäumen führen. Grundsätzlich sind Karststandorte anfälliger für Trockenstress (somit auch ZI45cg). Lange andauernde Trockenperioden führen auf allen Waldstandortseinheiten zu einer erhöhten Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016), selbst in der sehr kalten Nadelwaldzone.

Insekten: Aktuell ist Fichte in der *Waldgruppe ZI* nicht vorhanden, weshalb die an ihr auftretenden Borkenkäfer keine Bedeutung haben (Buchdrucker).

Pilzerkrankungen: Der Befall von **Zirbe** mit Weißem Schneeschimmel (*Phacidium infestans/Gremmenia infestans*) erfolgt auf Standorten mit hoher und lange andauernder Schneedecke und allgemein hoher Bodenfeuchte. Die Infektion erfolgt insbesondere durch andauernden Bodenkontakt der Zirbenäste infolge von Schneedruck (Ebner und Scherer 2001; Loranger et al. 2016). Das Kieferntriebsterben (Scleroderris-Krankheit, Erreger *Gremmeniella abietina*) spielt gerade bei Hochlagenaufforstungen in kühl-feuchten, schneereichen Lagen eine Rolle und kann zum Ausfall der Verjüngung führen.

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall

bedingt absterben. Auch das Lärchentriebsterben (*Gremmeniella laricina*) kann Aufforstungsbemühungen erschweren.

In der folgenden Abb. 1.6 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe ZI* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu. So ist z.B. die Frosttrocknis in *ZI6ue* von geringerem Einfluss, in *ZI45cg* und *ZI45rm* von mittlerem und in *ZI123cg, ZI23rm, ZI2ue* und *ZI3ue* verursacht sie eine starke Gefährdung.

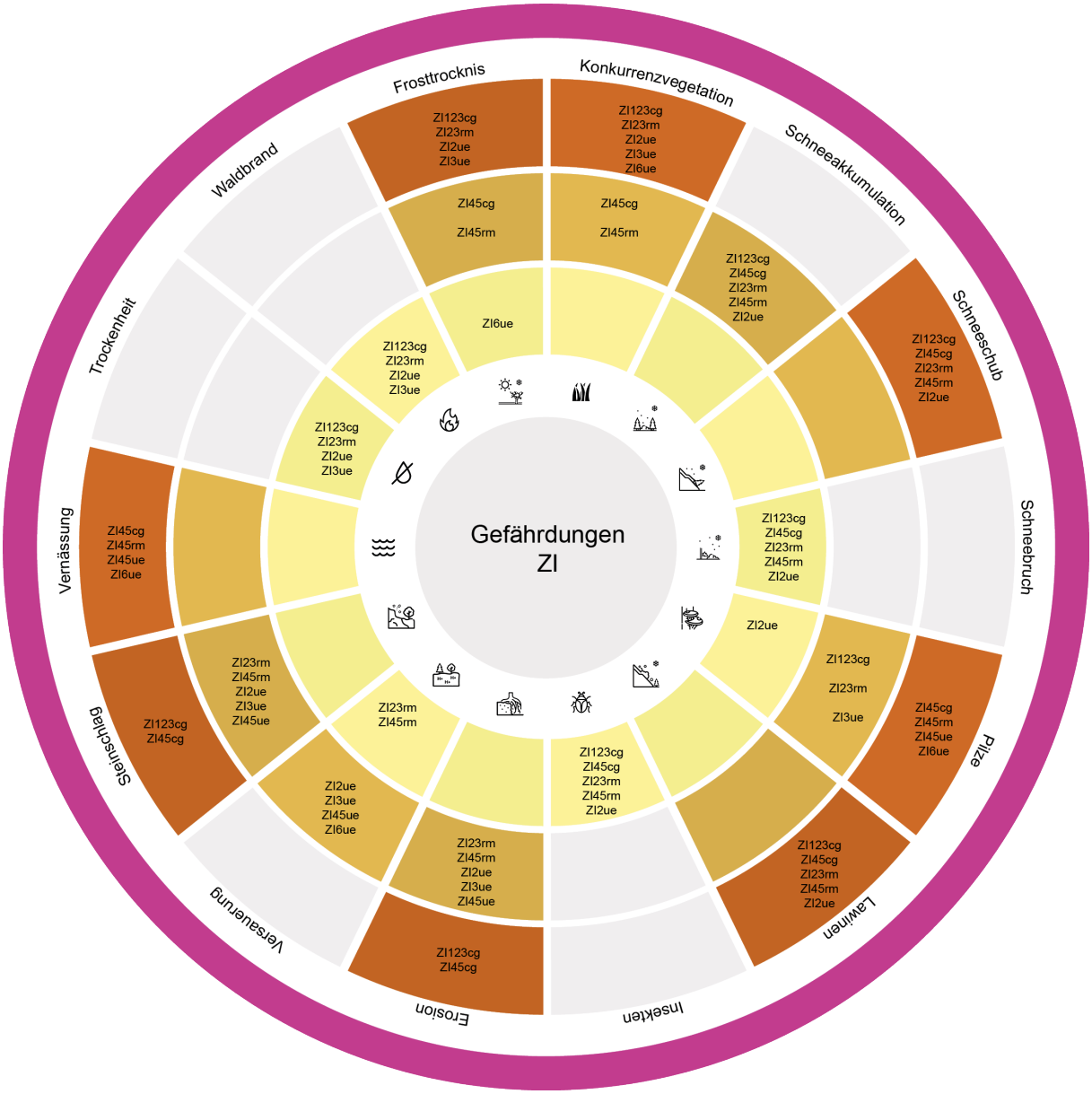


Abbildung 1.6: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe ZI*.

1.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen steigende Bestandesrisiken und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 1.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe ZI* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.
- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe ZI*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.
- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe ZI* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe ZI* in der *sehr kalten Nadelwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der Höhenlage und der geringen Baumartenvielfalt nur in geringem Umfang gegeben (Abb. 1.7). Dazu ist die Ausgangslage zu beachten, ob es sich aktuell um eine Bestandesentwicklung in der Kampfzone oder um Zirben-Baumhölzer handelt. In diesem Kapitel wird diesen unterschiedlichen Ausgangslagen Rechnung getragen und alle empfohlenen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

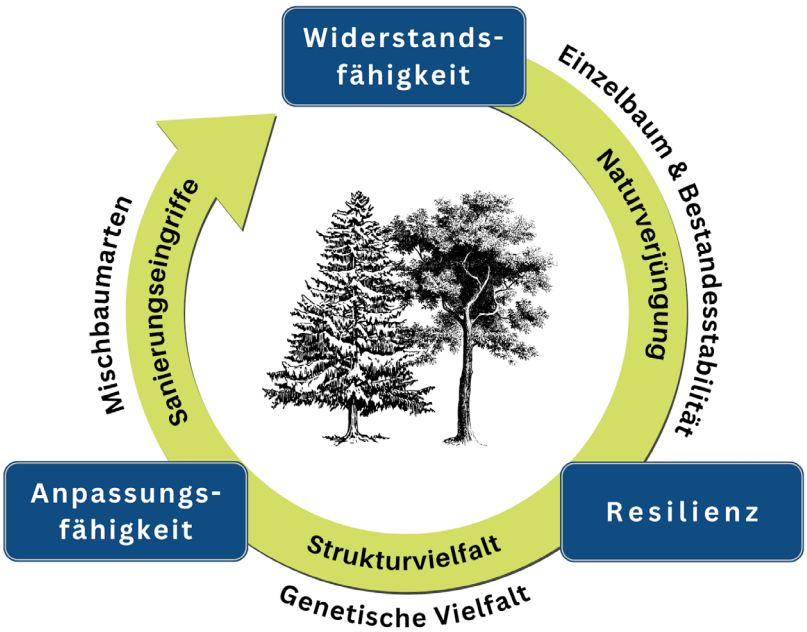


Abbildung 1.7: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

1.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

An der Waldgrenze muss jeder waldbauliche Eingriff sorgsam überlegt werden, da Behandlungsfehler aufgrund der langsamen Bestandesentwicklung sehr lange nachwirken. Die Präsenz der Zirbe (und auch der Lärche) in einem Waldbestand der sehr kalten Nadelwaldzone ist per se schon ein Gewinn an Resistenz, weil das Faktum ihrer Entwicklung ins Baumholz-Stadium bereits als Sieg über die Witterungsbedingungen in diesen Höhenlagen zu bezeichnen ist. Solche Zirben-Bestände und Zirben-Lärchen-Bestände in den Nördlichen Kalkalpen sind zu erhalten und die zukünftige Entwicklung des Jungwuchses durch entsprechende Maßnahmen zur Anpassung (= Reduktion) des Schalenwildstands sicherzustellen. Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen ist zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (z.B. Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppe ZI* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Resilienz zu verbessern. Gerade in Hinblick auf die Gewährleistung einer permanenten Schutzfunktion ist das langsame Jugendwachstum, besonders der Zirbe, zu beachten. Durch die möglichen großen Schneemengen ist eine vorläufige Sicherung der Verjüngung von Zirbe erst bei einer Höhe von 2,5 m gegeben. Erst ab einer Höhe von
5 m mit gleichzeitigem Bestandesschluss, d.h. erst nach ca. 60-80 Jahren, übernimmt der Bestand die volle Schutzfunktion. Die ständige Verjüngungseinleitung ist daher von primärer Bedeutung und sollte daher frühzeitig beginnen.

In den meisten Gebirgsregionen der Steiermark sind in der *Waldgruppe ZI* aktuell ausschließlich Jungwuchs-Stadien von Zirbe und Lärche in der Kampfzone des Waldes auf diesen Waldgrenz-Standorten ausgebildet. Diese Jungwuchs-Stadien sind zu erhalten und in das Dickungsstadium zu bringen. Heute sind die Bäumchen zumeist von Wildschäden (Verbiss, Verfegung, Schälung) betroffen. Das heißt, dass die aktuell sich bereits abzeichnende Waldentwicklung gebremst wird. Für die Erhaltung der Schutzwald-Funktionen ist die erfolgreiche Entwicklung der Zirben und Lärchen in der sehr kalten Nadelwaldzone aber von herausragender Bedeutung, speziell im Klimawandel. Daher sind auch in diesen Bereichen waldökologisch tragfähige Schalenwildbestände zur Sicherstellung der Jungwuchsentwicklung eine Grundvoraussetzung.

Die Zirbe kann bei verschiedensten Bodenbedingungen keimen, von 5 bis 15 cm dicken Moospolstern bis hin zu sehr felsigen, auflagearmen Mikrostandorten, da die Samen eine längere Keimwurzel

besitzen (Ulber et al. 2004, Mayer & Ott 1991). Sie ist schattentolerant und profitiert vom Anbau auf leicht erhöhten und dennoch geschützten Standorten. In Muldenlagen mit langer Schneelage erhöht sich die Gefahr einer Schneeschimmelinfektion (Neuschulz et al. 2017), wobei der Bodenkontakt der Jungpflanze die entscheidende Rolle spielt. Viele Jungbäume auf engem Raum können sich bei ihrem Aufkommen gegenseitig schützen und begünstigen (Carrer et al. 2013), gleichzeitig erhöht der Dichtstand aber die Gefahr einer Pilzinfektion. Hier ist standortsspezifisch ein Mittelmaß zu finden. Bereits Keimlinge besitzen tiefe Pfahlwurzeln, die ihnen auch die Besiedelung schlecht wasserversorgter Standorte ermöglichen (Hättenschwiler und Körner 1995). Zudem verholzt die Zirbe schneller und wird deshalb nicht so leicht von Pilzen befallen wie die Lärche.

Allgemein wird die Zirbe vom Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes* – aus der Familie der Rabenvögel) weiträumig verbreitet. Der Tannenhäher „vergisst" zwar nur ca. ein Fünftel der von ihm deponierten Zirbensamen, dies reicht jedoch für eine Verjüngungsetablierung im Normalfall aus (Moning et al. 2009). Für die Neubegründung von Zirben-dominierten Waldbeständen ist auf die Verwendung der Baumarten-spezifischen Mykorrhizen in den Kulturen zu achten.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe ZI* im Zuge der Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen, etc.) keimt sie besonders erfolgreich. Ebenso sind für Lärche Keimstellen mit schwacher Vegetationskonkurrenz und lokal gesteigerter Feuchtigkeit mit ausgeglichenem Mikroklima günstig. Ein Zurückführen der Boden- und Vegetationsentwicklung auf initiale Stadien (u.a. durch Katastrophen, starke Beweidung, Nutzungen) fördert dabei die Ansamung der Lärche. Lärchenverjüngung etabliert sich, besonders auf schattseitigen und schneereichen Steilhangstandorten der *Waldgruppe ZI*, immer wieder qualitativ und quantitativ stark. Die Naturverjüngung spielt für Lärche in dieser Höhenzone eine große Rolle.

In der sehr kalten Nadelwaldzone ist in der *Waldgruppe ZI* die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist an die spezifischen Wuchsbedingungen der Höhenzone angepasst. Zirbe ist vor allem mittels Naturverjüngung zu verbreiten (höchste Erfolgsquote). Die regionale Anpassungsform Hochlagen-Lärche garantiert ein Überleben in der Höhenzone aufgrund von zeitlich adäquatem Austreiben im Frühjahr. Zirbe und Lärche sind in der *Waldgruppe ZI* im Bereich grenzwertiger Wuchsbedingungen. Sie können sich zwar behaupten, erzielen heute aber nur geringe Wuchshöhen zwischen 6 - 12 m. Ihre genetische Vielfalt ist in der Waldvegetationszone als angepasst zu erachten.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar. Kunstverjüngung muss den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saat- bzw. Pflanzgut zu achten ist. Auf die regionale Versorgung mit standortsangepasstem Vermehrungsgut ist gerade in der *Waldgruppe ZI* großer Wert zu legen.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist auch in der *Waldgruppe ZI* von Bedeutung für die Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall verhindern kann. In den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark ist in der *Waldgruppe ZI* nur vereinzelt die Mischung von Zirbe und Lärche möglich, die Resilienz der Waldbestände wird dadurch deutlich erhöht. Dabei können

Zirbe und Lärche Mischbestände mit wechselnder Dominanz aufbauen. Dies geschieht oft durch das unterschiedliche Keimvermögen der beiden Baumarten und der damit verbundenen Konkurrenzkraft bei fortschreitender Boden- und Vegetationsentwicklung. In der Klimazukunft werden Fichte und Vogelbeere an Bedeutung gewinnen und waldbaulich gefördert einwandern können (Zeitpunkt noch nicht absehbar). Die waldbaulichen Entscheidungsoptionen erhöhen sich mit einer vermehrten Baumartenvielfalt.

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Einzelbaum- und Gruppenstabilität

In stufigen Lärchen-Zirbenwäldern ist Stabilitätspflege meist nur in geringem Ausmaß notwendig, da sich die Zirbe nur kleinflächig zu verjüngen vermag. Die ungleichen Wuchsrelationen zwischen Lärche und Zirbe und die damit verbundene gruppenweise Mischung erleichtern einen stufigen Bestandesaufbau. Die Pflege von stabilen Gruppen sollte sich auf das Nötigste beschränken: Aushieb stabilitätsgefährdender Bäume (negative Auslese) und Entfernung von nach oben und unten bedrängenden Zwischenständern (positive Auslese). Dabei darf die Gruppe nicht aufgelöst, die Widerstandskraft nicht herabgesetzt und die Bäume nicht vereinzelt werden. Die Entnahmen sollten sich daher immer an ganzen Gruppen orientieren. Die Bestandesränder sind geschlossen zu halten. Wenn sich Zirbe oder Lärche stammzahlreich und großflächig verjüngen, können in solchen Beständen auch flächige Pflegeeingriffe zur Erhöhung der mechanischen Stabilität notwendig sein.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Der Befall von **Zirbe** mit dem Weißen Schneeschimmel (*Phacidium infestans*) erfolgt auf Standorten mit hoher und lange andauernder Schneedecke. Vermieden werden kann ein derartiger Befall vor allem durch die geeignete Wahl von Standorten bei der Aufforstung mit Zirbe. Anstatt schneereicher Mulden sollen kleinräumige Rücken oder Erhebungen zur Bepflanzung gewählt werden. Schneereiche Winter können aber die Entwicklung von Weißem Schneeschimmel trotz vorbeugender Maßnahmen ermöglichen. Die Infektion erfolgt nämlich durch andauernden Bodenkontakt infolge von Schneedruck (Ebner und Scherer 2001).

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können dennoch dadurch absterben. Zudem traten in den letzten Jahren verbreitet Spätfrost-Schäden an Lärche auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche ebenfalls ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen. Weder die Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche können vermieden werden.

Bei Befall von **Fichte** mit dem Fichten-Nadelrost (*Chrysomyxa rhododendri)* gibt es keine Vermeidungsmöglichkeiten. Deshalb kann die durch den Klimawandel bedingte mögliche Einwanderung der Fichte in die heutige *Waldgruppe ZI* (erst in der Klimazukunft möglich) erschwert werden. Der Pilz verursacht in der Regel nicht den Tod der befallenen Bäume, allerdings können Fichten im Jungwuchs-Stadium einen entscheidenden Konkurrenz-Nachteil gegenüber Lärche und Zirbe erfahren. Deshalb ist auf Standorten, wo der Zwergstrauch Almrausch (*Rhododendron ferrugineum* oder *Rhododendron hirsutum*) gegenwärtig ist, zu erwägen, vor allem Zirbe und Lärche

waldbaulich zu fördern. Gegen den Schwarzen Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) kann nur insofern vorgegangen werden, als dass Jungfichten systematisch von unmittelbarer Begleitvegetation freigeschnitten werden können und bereits bei der Pflanzung feucht-kalte Standorte (Schneetälchen) gemieden werden sollten. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass Pflanzung von Fichte in der *Waldgruppe ZI* heute noch nicht von Erfolg gekrönt sein wird.

1.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe ZI* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels in abgeschwächter Form gegeben, dennoch sind auch auf diesen Standorten Veränderungen zu erwarten. Das Vorkommen der heutigen *Waldgruppe ZI* wird aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges in die *Waldgruppe FZ* (Fichten-Zirbenwald-Standorte, kalte Nadelwaldzone) verändert werden und es sind folglich die Baumarten Fichte und Vogelbeere als Ergänzung des Baumartenspektrums zu erwarten. Dieser Prozess wird jedoch erst in der Klimazukunft relevant werden, aktuell sind die beiden Baumarten in der *Waldgruppe ZI* noch nicht begründbar.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klima-Zukunft umfassen. Für die *Waldgruppe ZI* werden Waldbestände im Baumholzstadium (Nördliche Kalkalpen) und Jungwuchs- bis Dickungsstadien in der Kampfwaldzone unterschieden. Im Folgenden werden die klimafitten Mischungstypen dahingehend differenziert beschrieben, taugliche Baumarten sind ausschließlich Zirbe und Lärche (siehe Tab. 1.5).

Zi - Lä (auf allen Standorten der Waldgruppe)

In allen Bereichen der *Waldgruppe ZI* wird die Mischung von Zirbe und Lärche auch in der Zukunft ihren klimafitten Status bewahren. Die Mischungsanteile können sehr stark variieren. Von dominanter Zirbe mit vereinzelten Lärchen bis hin zu annähernd gleichen Anteilen der zwei Nadelbaumarten ist alles möglich.

Zi (auf allen Standorten der Waldgruppe)

Die Waldbestände in der *Waldgruppe ZI*, welche ausschließlich von Zirbe aufgebaut werden, sind verbreitet. Es ist in der sehr kalten Nadelwaldzone die Baumart mit der höchsten Tauglichkeit und wird das auch in der Klimazukunft sein.

Lä (auf schneereichen Steilhang-Standorten, *Waldgruppe LA*)

Auf steilen und im Winter besonders schneereichen Standorten ist aufgrund des Prozesses des Schneekriechens die Lärche die einzige bestandesbildende Baumart. Zirbe kommt dort höchstens vereinzelt vor. Lärche ist aufgrund des Schneekriechens zumeist säbelwüchsig, aber trotzdem stabil. Diese spezifischen Standorte können auch der *Waldgruppe LA* zugeordnet werden, welche aber durch das Standortmodell zumeist nicht räumlich explizit dargestellt werden können. Waldbauliche Eingriffe werden in der Regel nicht notwendig sein. Es ist zu bemerken, dass auch in Zukunft nur Lärche in der Lage ist, diese Standorte stabil zu bestocken.

Dringlichkeit der Maßnahmen

In der *Waldgruppe ZI* ist die aktuelle Bestockung der Waldstandorte in der Regel standortstauglich, das heißt, es gibt heute zumeist keine Notwendigkeit der Anpassung der Baumarten-Diversität. Daher ist die Dringlichkeit von Anpassungs-Maßnahmen als relativ gering einzustufen. Trotzdem ist für die Klimazukunft die Erreichung der Standortstauglichkeit der neu einwandernden Baumarten Fichte und Vogelbeere auf den ausgewiesenen Standorten vorzubereiten. Die regional gegebene Veränderung der *Waldgruppe ZI* in die *Waldgruppe FZ* – Fichten-Zirbenwald-Standorte (kalte Nadelwaldzone) kann durch die künstliche Einbringung von Fichte und Vogelbeere unterstützt werden. Der taugliche Zeitpunkt dafür ist aktuell noch nicht absehbar und sicherlich lokalspezifisch zu ermessen und zu erproben. In der Tab. 1.5 sind die unterschiedlichen Mischungstypen der *Waldgruppe ZI* dargestellt, welche aufgrund der extremen Höhenlage in ihrer Anzahl limitiert sind.

Tabelle 1.5: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe ZI* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedlicher zukünftiger Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	Standortsbedingungen im Jahr 2085	Klimafitter Mischungstyp*
alle ZI-Standorte (aktuell)	ZI, FZ	Zi - Lä
	ZI, FZ	Zi
Schattseitige und schneereiche Steilhangstandorte	ZI, FZ	Lä

* in Relation zu allen weiteren Baumarten der Doppelseite bessere Baumarteneignung 2020 und 2085

1.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe ZI* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe FZ* vorherrschen, es also auf den betreffenden Standorten zu einer Veränderung von der sehr kalten Nadelwaldzone in die kalte Nadelwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand unterstellt, nämlich die Präsenz von Waldbeständen bis ins Baumholzstadium oder das Vorliegen von Jungwuchs- bis Dickungsstadien in der Kampfwaldzone. Darüber hinaus wurde für die Maßnahmen nach den Bestandes-entwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert.

In den folgenden Tabellen werden Optionen zur Erhaltung beziehungsweise Förderung von Zirben-Beständen ausgeführt. Im ersten Fall wird die Erhaltung eines bereits bestehenden Zirben-Waldbestands erläutert (100% Zirbe), er liegt in einer Schutzwaldzone (Standortsschutzwald) weshalb keinerlei Maßnahmen zur Holzernte angeregt werden (Tab. 1.6). Im zweiten Fall (Tab. 1.7) wird die Förderung von Zirben-Lärchen-Jungwuchs- bis Dickungsstadien in der Kampfwaldzone ausgeführt (Zirbe 80% und Lärche 20%). In diesem Fall ist das Ziel, das Durchwachsen dieser Stadien ins Stangenholz- beziehungsweise Baumholzstadium zu fördern. Im Klimawandel kommt der Zirbe besondere Bedeutung zu, weil sie neben ihrer Kälte-Resistenz auch unter erhöhten Temperaturen ihre Tauglichkeit behalten wird.

Tabelle 1.6: Anpassungsoptionen zur Erhaltung von Zirben-Beständen in der *Waldgruppe ZI*.

ZI – Anpassungsoptionen zur Erhaltung von Zirben-Beständen
Dauerwald-Konzept
Erhaltung der Zirben-Bestände: **Ziel:** Stufige, ungleichaltrige Zirben-Bestände (Rottenstruktur) und Dauerwaldcharakter erhalten: Zirbe 100 %
Die Bestände müssen ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen; durch Gruppenentnahmen in Rottenform können Zi-Rotten und Lä-Gruppen in der Ober- und Unterschicht etabliert und/oder gefördert werden (Dauerwald-System basierend auf Rottenstrukturen). Zi ist in großen Gruppen zu übernehmen oder mittels Versorgung mit artspezifischer Mykorrhiza zu pflanzen. Die Vitalität und Entwicklung von Zi ist sicherzustellen, vorhandene Rottenstrukturen sind zu erhalten bzw. fördern; In den Gruppen erfolgt der Aushieb stabilitätsgefährdender Bäume (negative Auslese) und das Entfernen von nach oben und unten bedrängender Zwischenständer (positive Auslese). Dabei darf die Gruppe nicht aufgelöst, die Widerstandskraft nicht herabgesetzt und die Bäume nicht vereinzelt werden. Die Entnahmen sollten sich daher immer an ganzen Gruppen orientieren. **Zeitraum > 100 Jahre.**

Tabelle 1.7: Anpassungsoptionen zur Förderung von Zirben-Lärchen-Beständen im Jungwuchsstadium (Kampfwaldzone).

ZI – Anpassungsoptionen zur Förderung von Zi-Lä-Jungwuchsstadien
Förderung der Zirben-Lärchen-Jungwuchs- und Dickungsstadien **Ziel:** Zirben-Lärchen-Bestände wachsen in das Stangenholz und Baumholz-Stadium ein; Zirbe 80 %, Lärche 20 %, Etablierung einer Rottenstruktur
Jungwuchs
Nachbesserung mit Zi und Lä in Lücken (Versorgung mit artspezifischer Mykorrhiza für Zi) unter Beachtung des Bestockungsziels. Bei erhöhten Schäden durch Schalenwild an der Verjüngung Wildstandanpassung. Rottenstrukturen von Zi (aus Naturverjüngung) werden erhalten.
Dickung
Sicherstellung der Vitalität und Entwicklung von Zi; Rottenstrukturen erhalten bzw. fördern; Ergänzungspflanzungen falls notwendig; Bestockungsziel im Sinne der angepeilten Überschirmung beachten. Nachbesserung mit Zi und Lä in Lücken (Versorgung mit artspezifischer Mykorrhiza für Zi). Check von etwaigen Schäden (Verbiss, Verfegen, Schälen) – evtl. Wildstandanpassung.
Stangenholz
Entfernung von kranken oder instabilen Zi und Lä und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Zi und Lä); Rottenstrukturen dabei erhalten.
Baumholz
Entnahme von Zi-Rotten und Lä-Gruppen in hiebsreifen Beständen: Entnahme von Rotten und Gruppen, 1-2 Baumlängen Durchmesser; Verjüngung von Zi durch Pflanzung (Versorgung mit Mykorrhiza) – in großen Gruppen etablieren (dadurch Konkurrenz der anderen Baumarten gering halten). Verjüngung von Zi und Lä eventuell durch Integration von Naturverjüngung, sonst Pflanzung, dabei Rottenstrukturen von Zi und Gruppen von Lä etablieren oder ermöglichen. Achtung auf das Bestockungsziel.
Dauerwald-Konzept
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglichen Zi-Lä-Jungwuchsstadien **können** sukzessive in ein Dauerwald-System mit Zi und Lä überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Zi ist in großen Gruppen zu übernehmen oder mittels Versorgung mit artspezifischer Mykorrhiza zu pflanzen; evtl. auch Lä pflanzen; durch Gruppen-Entnahmen in Rottenform können Zi-Rotten und Lä-Gruppen in der Ober- und Unterschicht etabliert und/oder gefördert werden (Dauerwald-System basierend auf Rottenstrukturen). **Zeitraum > 100 Jahre.**

1.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe ZI* sind in der Steiermark Schutzwaldanteile weit verbreitet gegeben. Speziell in den steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen und felsigen Taleinhängen ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, können im Klimawandel auch in dieser Waldgruppe besondere Maßnahmen erforderlich sein. Dabei ist allerdings zu beachten, dass sämtliche waldbauliche Eingriffe sorgsam umgesetzt werden, da Behandlungsfehler aufgrund der langsamen Bestandesentwicklung sehr lange nachwirken. Anpassungsmaßnahmen können dabei die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten (Zirbe und Lärche) in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe ZI* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn beide Nadelbaumarten gemeinsam vorhanden sind.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald spielt Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung eine entscheidende Rolle, daher sind ungleichaltrige und mehrschichtige Waldbestände anzustreben. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe ZI* effizient umsetzbar, weil sich die beiden Baumarten Zirbe und Lärche im Kontext gut ergänzen. Damit sind gute Voraussetzungen vorhanden, um Bestände mit einer ausgeprägten „Ungleichheit an Alter und Größe“ zu entwickeln, welche Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist.

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20% der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler & Vacik 2018). Als Keimbett sind erhöhte Stellen ohne starke Vegetationskonkurrenz wichtig. Meist ist zusätzlich auch ein Schutz vor Schneegleiten notwendig, wie Baumstöcke, Totholz oder Steine. Für einen höheren Lärchenanteil ist auch freigelegter Mineralboden wichtig. Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Baumarten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. In der *Waldgruppe ZI* sind als Verjüngungsverfahren horizontale Schlitze und Schneisen günstig, denn diese bieten im Sommer optimale Sonneneinstrahlung und reduzieren die intensive direkte Einstrahlung.

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der Nadelbaumarten Zirbe und Lärche von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind die Straucharten Latsche, Grün-Erle und die Weidenarten.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppe ZI* möglichst geschlossen zu halten, beziehungsweise ist die erfolgreiche Entwicklung der Jungwuchs- bis Dickungsstadien in der Kampfwaldzone in das gesicherte Stangenholz- und Baumholzstadium zu ermöglichen. Unter Umständen sind Ergänzungspflanzungen angebracht, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, auf denen Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden würden. Die tiefwurzelnden Baumarten Zirbe und Lärche können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen.

Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration einer möglichen Erosion während Starkregenereignissen entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei nicht den Grenzwert der Lückengröße überschreiten. Zirbe und Lärche sind im Hinblick auf Stammverletzung wenig empfindlich und können daher auch nach Verletzungen noch längere Zeit ihre Stabilität wahren. Im Zuge von Verletzungen kann es aber zu Pilzinfektionen kommen, die im Lauf der Zeit die Stabilität der verletzten Bäume (zusätzlich) beeinträchtigen können.

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe und liegende Stämme rollende Steine beträchtlich. In der *Waldgruppe ZI* werden das vor allem natürlich (etwa durch Windwurf) geworfene Bäume sein. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg geworfen wurden (nicht beeinflussbar), damit die Felsbrocken nur gebremst werden und verhindert wird, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus die hinter den liegenden Stämmen abgelagerten Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es also besser auf eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zu achten bzw. durch Pflegeeingriffe – wie Aufforstungen – entsprechend zu etablieren.

2. FZ – Fichten-Zirbenwald-Standorte

in der kalten Nadelwaldzone

Tabelle 2.1: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FZ* – Fichten-Zirbenwald-Standorte in der kalten Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt	Verbreitung
FZ123cg	carbonatisch bis basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	trocken bis mäßig frisch	90 ha / 0,4%
FZ45cg	carbonatisch bis basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	frisch bis sehr frisch	6.865 ha / 33,4%
FZ23rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken bis mäßig frisch	7 ha / 0,03%
FZ45rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	3.465 ha / 16,9%
FZ3ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	mäßig frisch	7 ha / 0,03%
FZ45ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	9.983 ha / 48,6%
FZ6ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht	140 ha / 0,7%

Charakteristika

Verbreitung Die Waldgruppe der Fichten-Zirbenwald-Standorte (FZ) kommt in der **kalten Nadelwaldzone** auf 20.558 ha vor, was rund 1,9 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Es sind das in der klassischen Bezeichnung die mittelsubalpinen Standorte der steirischen Gebirgsgruppen.

Baumartenspektrum Zirbe, Lärche, Fichte, Vogelbeere

Straucharten Latsche, Grün-Erle, Großblatt-Weide, andere Weidenarten und Zwergstrauch-Weidenarten

Gastbaumarten Es gibt in dieser Waldvegetationszone keine geeigneten Gastbaumarten.

Strukturen In der Waldgruppe sind von Zirbe dominierte Waldbestände vorherrschend, wobei zumeist Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände oder Zirben-Fichten-Bestände auftreten; darüber hinaus sind seltener auch Fichten-Bestände oder Fichten-Lärchen-Bestände ausgebildet. Rottenstrukturen sind in der *Waldgruppe FZ* verbreitet bestandesprägend.

2.1 Standorte heute



Abbildung. 2.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe FZ* – Fichten-Zirbenwald-Standorte der kalten Nadelwaldzone und der *Waldgruppe ZI* – Zirbenwald-Standorte in der sehr kalten Nadelwaldzone in der Steiermark. Daten-Basis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FZ* – Fichten-Zirbenwald-Standorte kommen in der Steiermark in den kalten Gebirgslagen vor (Abb. 2.1). Diese kalte Nadelwaldzone erstreckt sich in ihrem Kernbereich je nach Wuchsgebiet etwa zwischen 1650 m und 1900 m Seehöhe (Abb. 2.5). Aktuell werden die Waldbestände in dieser Waldvegetationszone von Zirbe, Lärche und Fichte in wechselnden Mischungsanteilen gebildet. Von den Laubbaumarten tritt aktuell nur Vogelbeere beigemischt auf. Wichtige Straucharten sind beispielsweise Latsche, Grün-Erle, Großblatt-Weide, andere Weidenarten oder Zwergstrauch-Weidenarten.

Die *Waldgruppe FZ* erstreckt sich in erster Linie in den höheren, westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark, demnach vom Zirbitzkogel über die Gurktaler Alpen, Niederen Tauern, Dachstein, Ennstaler Alpen bis zum westlichen Gesäuse. Im Osten sind die Gebirge zu niedrig, um diese Waldvegetationszone ausgebildet zu haben (u.a. Hochwechsel, Pretul, Hochschwab). Die große Ausdehnung der Zirben-Mischwaldbestände in der Steiermark ist vor allem auf ihre aktuelle Verbreitung in der kalten Nadelwaldzone zurückzuführen. Zirbe erreicht in der *Waldgruppe FZ* beachtliche Wuchshöhen von mehr als 20 m, weshalb ihre forstliche Nutzung in dieser Waldvegetationszone bereits große Bedeutung hat. In der Steiermark kommen in den Gurktaler Alpen gemeinsam mit Kärnten und Salzburg die weitläufigsten Zirben-Mischwälder vor.

Es ist hervorzuheben, dass in den zuvor erwähnten westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark auch von Fichte dominierte Waldbestände auftreten können. Das kann einerseits in den tieferliegenden Bereichen, in der *mäßig kalten Nadelwaldzone*, der Fall sein (*Waldgruppe Fs*), oder aber wenn die Standorte durch die Almbewirtschaftung stark überprägt sind und die Baumart Zirbe folglich in ihrer Verbreitung stark zurückgedrängt wurde (z.B. am Lachtal in den Niederen Tauern).

In allen Gebirgsgruppen der Steiermark können auf besonders steilen und zumeist schattseitigen Standorten von Lärche dominierte Waldbestände gedeihen. Es sind dies Standorte, welche durch starkes „Schneekriechen" geprägt sind. Dadurch werden junge Individuen von beispielsweise Fichte geknickt weshalb diese Baumart auf den Standorten periodisch ausfällt. Die Lärche erreicht folglich Dominanz. Die *Waldgruppe LA* wird aufgrund des eher seltenen Vorkommens der Waldstandortseinheiten im Standortmodell allerdings nur zusammenfassend in diesem Kapitel beschrieben. Diese Waldstandortseinheiten finden sich oft gemeinsam mit den als *Waldgruppe FZ* gekennzeichneten Flächen, WaldbesitzerInnen können sie an der Dominanz von Lärche in den Waldbeständen erkennen.

Die *Waldgruppe LA* (Lärchenwald-Standorte) kommt laut Standortsmodell auf rund 1 ha (0,00007 % der Waldfläche in der Steiermark) in der mäßig kalten bis sehr kalten Nadelwaldzone vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufe „feucht" gekennzeichnet. Sie umfasst sowohl feinerdearme und feinerdereiche Karbonatgesteine als auch basenreiche bis mäßig basenhaltige Silikatgesteine. Ihre tatsächliche Verbreitung ist vermutlich größer, aber nicht modellierbar.

Tabelle 2.2: Übersicht zu den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LA* (Lärchenwald-Standorte).

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt	Verbreitung
LA6cg	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	feucht	0,6 ha / -
LA6rm	basenreich und basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	feucht	0,4 ha / -

In der *Waldgruppe LA* sind vor allem Mittelhanglagen ausgebildet, jene sind die Örtlichkeiten, wo Schneereichtum und Steilheit zusammen auftreten. Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LA* umspannen Basenklassen „c" und „g" (carbonatische und basengesättigte Standorte, als feinerdearme und feinerdereiche Karbonatgesteine) und die Basenklassen „r" und „m" (basenreiche und mäßig basenhaltige Silikatgesteine). Es sind in dieser Waldgruppe also durchaus nährstoffreiche Substrate vorhanden (Tab 2.2). Auf diesen feuchten Standorten gedeiht fast ausschließlich Lärche. Fichte und Zirbe fallen aufgrund von Schimmelbefall und dem Prozess des Schneekriechens aus. Birke und Vogelbeere können in der mäßig kalten Nadelwaldzone auftreten. Die Jahresmitteltemperatur in der *Waldgruppe LA* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1,5°C. Der Jahresniederschlag in der *Waldgruppe LA* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1.742 mm. Die Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlag werden laut den unterstellten Szenarien ansteigen und die *Waldgruppe LA* wird in der Klimazukunft noch eine geringere Verbreitung aufweisen und unter Umständen verschwinden (Tab 2.3).

Tabelle 2.3: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der *Waldgruppe LA*.

	Waldgruppe	1989 - 2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmitteltemperatur (°C)	**LA**	1,5 °C	3,6 °C	5,0 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	**LA**	1742 mm	1867 mm	1815 mm

Dennoch ist auf den schneereichen und steilen Standorten in der Gegenwart weiterhin Lärche die einzige Baumart, welche das starke Schneekriechen überleben kann. Somit sind die Waldbestände oft auch am Säbelwuchs von Lärche zu erkennen. Daher ist bis auf weiteres die Lärche auf diesen Standorten zu fördern beziehungsweise ihrer natürlichen Entwicklung zu überlassen. Aktuell kann man auf diesen Standorten keine anderen Baumarten forstlich begründen. In den verbreiteten Lärchen-Beständen in *Waldgruppe LA* ist auf eine hohe Einzelbaum-Stabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden.

Auf den feuchten Standorten (LA6cg, LA6rm) können Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (LA6cg). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe LA* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich immer wieder qualitativ und quantitativ stark.

Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte. Lärche ist dominant und der wesentliche Stabilitätsträger, das Erhalten einer stabilen Bestockung ist von zentralem Interesse (Lawinenschutz). Alle auftretenden Mischbaumarten (Zirbe, Fichte, Berg-Ahorn) sind – wenn möglich – zu erhalten.

Für alle waldbaulichen Empfehlungen ist die jeweilige Ausgangslage von entscheidender Bedeutung. Die Mischungsverhältnisse zwischen Zirbe, Lärche und Fichte sind in der *Waldgruppe FZ* recht unterschiedlich und es ist daher zu entscheiden, ob es sich bei den Waldbeständen um Zirbe mit Lärche und Fichte (*Waldgruppe FZ*) oder um nahezu reine Lärchen-Waldbestände (*Waldgruppe LA*) handelt.

Relief: Es sind in der *Waldgruppe FZ* der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Mittelhanglagen dominieren. In den meisten Gebirgsgruppen sind die Taleinhänge sehr steil ausgeprägt, was die Schutzwald-Funktion der Waldbestände immer wieder in den Vordergrund rückt. Die Hanglagen können in diversen Gebirgsgruppen entweder als steile Flanken (u.a. Niedere Tauern, Dachstein) oder auch relativ sanft verlaufend (Zirbitzkogel, Gurktaler Alpen) ausgeprägt sein.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der kalten Nadelwaldzone der *Waldgruppe FZ* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 2,5°C. Dabei schwankt die Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten nur wenig, in FZ45cg ist sie mit 2,7°C am höchsten, in FZ23rm ist sie mit 2,3°C am geringsten (Abb. 2.2). Die Wärmeversorgung bedingt, dass aktuell in der Waldgruppe nur die

Baumarten Zirbe, Lärche, Fichte und Vogelbeere und die Straucharten Latsche, Grün-Erle, Großblatt-Weide, andere Weidenarten und diverse Zwergstrauch-Weidenarten vorkommen.

Der **Jahresniederschlag** in der *Waldgruppe FZ* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1.445 mm. Die Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone zeigt, dass es aufgrund der Gebirgslage bereits zu höheren Niederschlägen kommt. Dennoch schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten deutlich, in FZ45cg ist der Wert mit 1.857 mm am höchsten, in FZ23rm ist der Wert mit 1.055 mm am geringsten (Abb. 2.2).

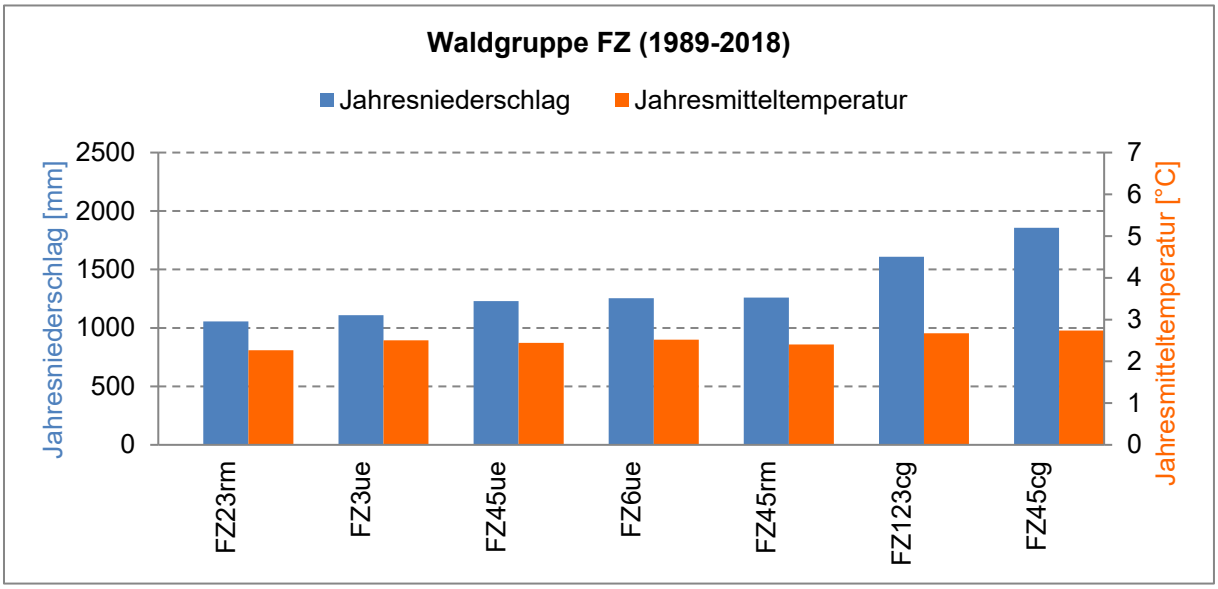


Abbildung 2.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FZ* für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Jene wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. Aufgrund der Höhenlage und dem Niederschlagsreichtum in der kalten Nadelwaldzone sind in der *Waldgruppe FZ* die Wasserhaushaltsstufen „frisch“ und „sehr frisch“ dominant, seltener treten „feucht“, „mäßig frisch“ oder „mäßig trocken“ und „trocken auf“ (Tab. 2.1).

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FZ* angezeigt. Alle Baumarten der Waldvegetationszone können die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen. Die meisten Nährstoffvorräte sind auf den Waldstandortseinheiten FZ45rm und FZ23rm (basenreiche bis basenhaltige Substrate) zu finden. Eher geringe Nährstoffversorgung zeigen die Einheiten FZ123cg und FZ45cg an (carbonatische bis basengesättigte Standorte), wenngleich auf basengesättigten Standorten (feinerdereiche Karbonatgesteine) durchaus auch relativ gute Nährstoffversorgung gegeben sein kann, nicht jedoch

auf carbonatischen Standorten (feinerdearme Karbonatgesteine, zumeist Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen). Als mittelmäßig nährstoffversorgt kann man die basenarmen Standorte bezeichnen (FZ3ue, FZ45ue). Die Standorts-Unterschiede bezüglich der Nährstoffversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 2.3).

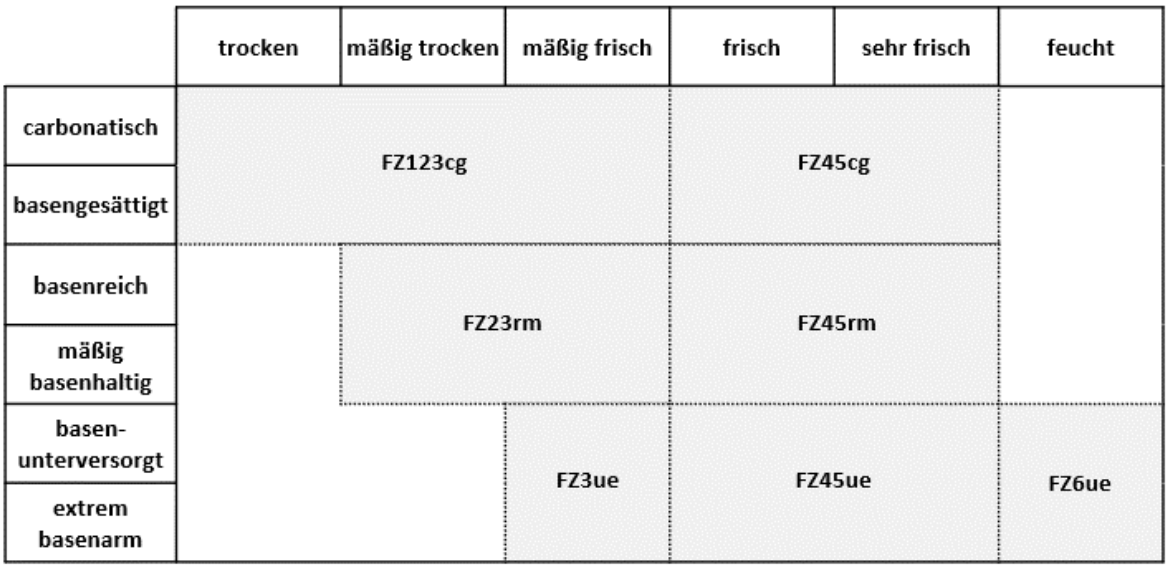


Abbildung 2.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FZ* – Fichten-Zirbenwald-Standorte.

2.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einem annähernden Gleichbleiben der mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandel-Szenarien) zu einer Verschiebung der Örtlichkeiten der *Waldgruppe FZ* in höhere Lagen der Gebirge (Abb. 2.5). Damit verbunden wäre eine Flächenabnahme der *Waldgruppe FZ* in den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark, weil oberhalb der heutigen Standorte der *Waldgruppe FZ* vielfach keine waldfähigen Standorte mehr ausgebildet sind (z.B. Felswände in den Nördlichen Kalkalpen der Steiermark). Hingegen sind die hochgelegenen Standorte in den Gurktaler Alpen, am Zirbitzkogel und den Südlichen Niederen Tauern potenziell bewaldbar. Es sind in Abb. 2.4 fast keine Flächen mit der Ausprägung *Waldgruppe FZ* (und *Waldgruppe ZI*) mehr erkennbar, weil jene nur mehr sporadisch innerhalb der aktuellen Verbreitung des Waldes der Steiermark auftreten würden. Eine allfällige Ausdehnung der Waldfläche aufgrund der klimatischen Änderung oder Veränderung der Landnutzung ist dabei nicht berücksichtigt.

Diverse Baumarten zeigen die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft in Teilbereichen der heutigen *Waldgruppe FZ* an Bedeutung gewinnen werden. Dazu sind vor allem Berg-Ahorn und Berg-Ulme auf allen basenreicheren Standorten, und Birke grundsätzlich auf allen Standorten der Waldgruppe, zu nennen. Die *Waldgruppe FZ* wird sich somit in die *Waldgruppe Fs* (Fichtenwald-Standorte subalpin) verändern. Der Prozess der Einwanderung der Laubbaumarten in die heutigen Standorte der *Waldgruppe FZ* kann waldbaulich beschleunigt und unterstützt werden. Die Wachstumsbedingungen für die drei Nadelbaumarten Zirbe, Lärche und Fichte werden durch den Temperaturanstieg verbessert. Zirbe kann weiterhin als bestandesbildende Baumart verwendet werden. In einigen Fällen werden aber waldbauliche Maßnahmen erforderlich sein, um die Zirbe in Relation zu Fichte zu fördern und somit ihre Mischungsanteile nachhaltig zu sichern.



Abbildung 2.4: Verbreitung der *Waldgruppe FZ* und der *Waldgruppe ZI* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

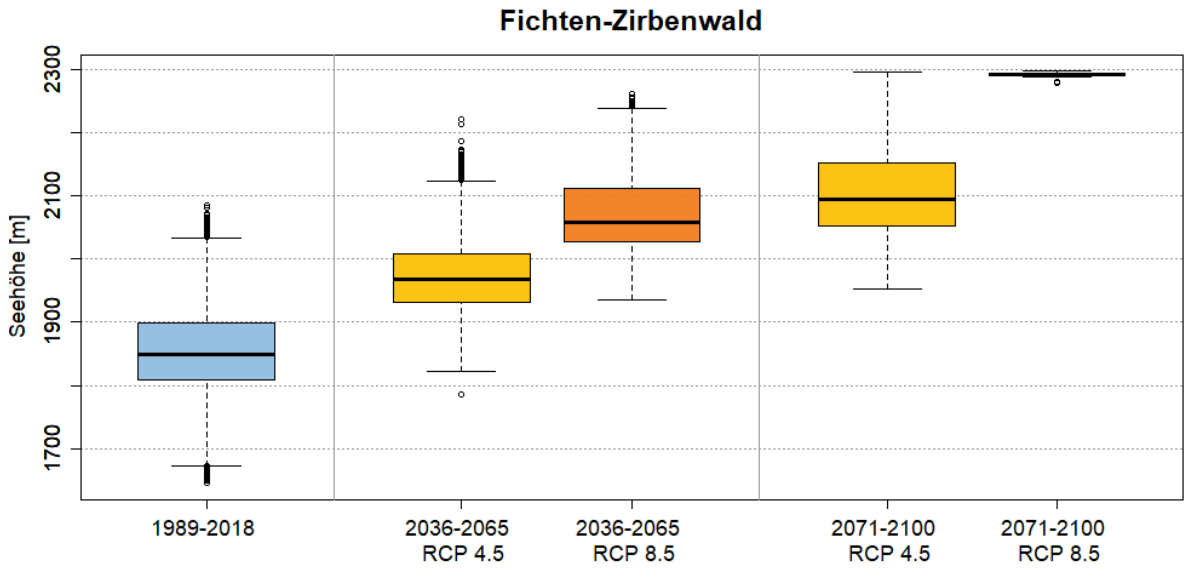


Abbildung 2.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe FZ* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

Der Anstieg der Jahresmitteltemperatur wird von aktuell bis 2085 laut Klimaszenarien deutlich sein, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird. Die Veränderung der Jahresmitteltemperatur von aktuell 2,5 °C (kalte Nadelwaldzone – *Waldgruppe FZ*) auf 4,6 °C im Jahr 2085 unter RCP 4.5 würde den Werten der sehr kühlen Nadelwaldzone (*Waldgruppe FT*) entsprechen, jene auf 6,0 °C unter RCP 8.5 würde den Werten der mäßig kühlen Mischwald-Zone (*Waldgruppe FTB*) entsprechen (Tab. 2.3).

Tab. 2.3: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der *Waldgruppe FZ*.

Zeitlinie	**1989 - 2018**	**2085 (RCP 4.5)**	**2085 (RCP 8.5)**
Jahresmitteltemperatur (°C)	2,5 °C	4,6 °C	6,0 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	1445 mm	1544 mm	1506 mm

FZ23rm wird laut Szenarien die höchste Jahresmitteltemperatur aufweisen (4,8°C bzw. 6,2°C) und FZ45cg die geringste (4,4°C bzw. 5,7°C). Der Jahresniederschlag wird in FZ45cg am größten (1.963 mm bzw. 1.918 mm) und in FZ23rm am kleinsten sein (1.110 mm bzw. 1.117 mm) (Abb. 2.6, Abb. 2.7).

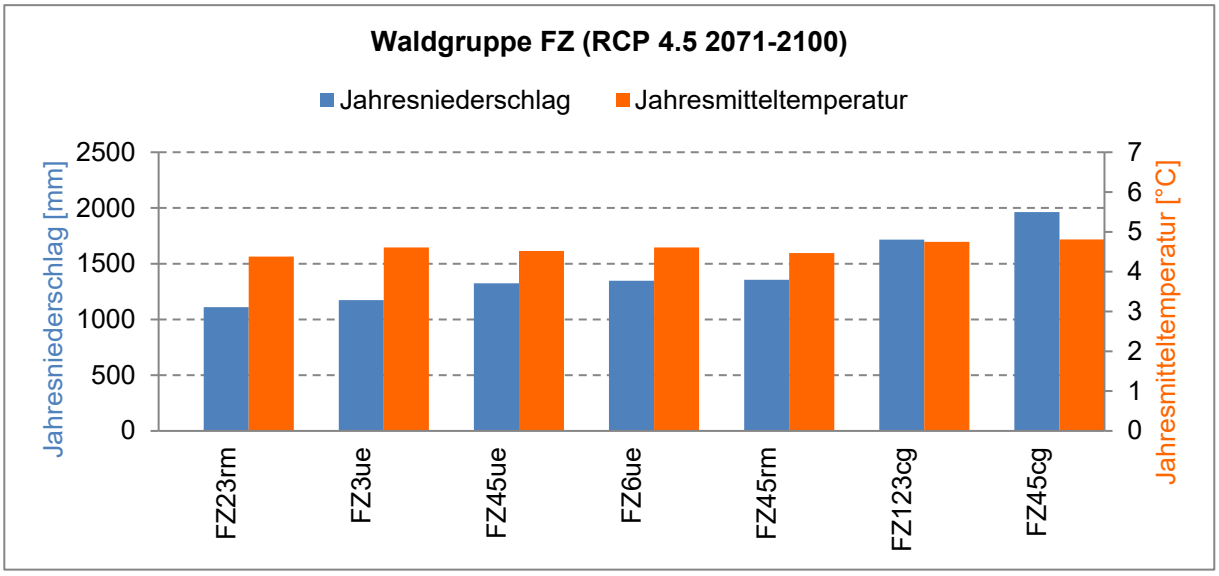


Abbildung 2.6: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FZ* für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 4.5 für die Steiermark.

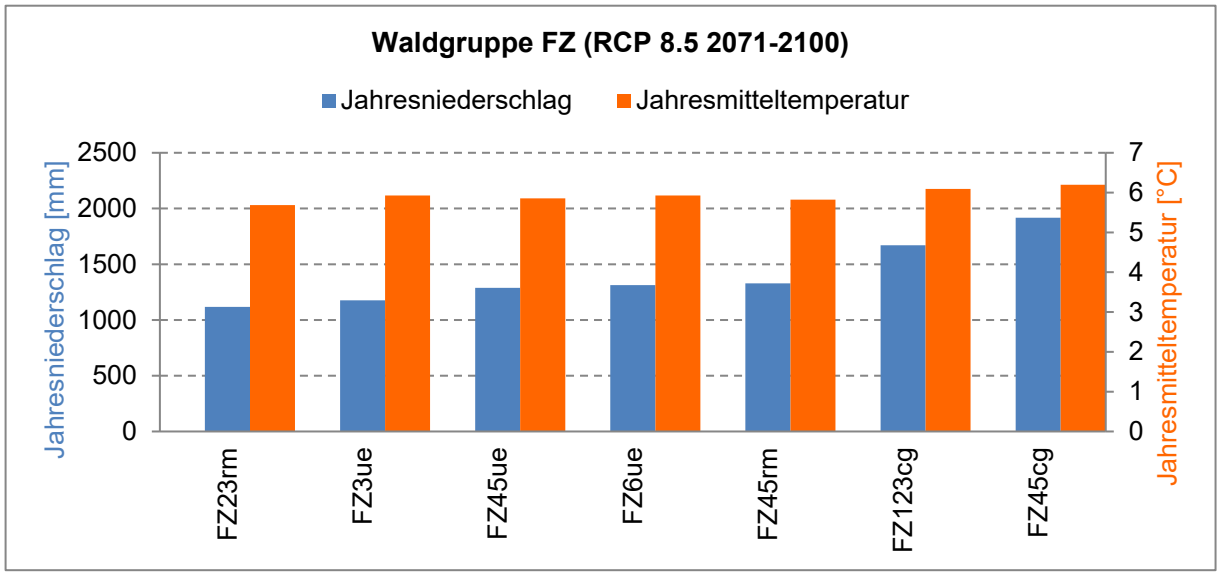


Abbildung 2.7: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FZ* für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 8.5 für die Steiermark.

2.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf Standorten des FZ123cg und FZ3ue kann Vergrasung als Folge von großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf Standorten des FZ45cg und FZ45rm können wiederum Farne und Hochstauden in großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Nährstoffarme Standorte (FZ3ue, FZ45ue, FZ123cg, FZ45cg) können durch großflächige Kahlschläge oder intensive Biomasse-Nutzung degradiert werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoff-Auswaschung oder Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996). Das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde stellt einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe FZ* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt, was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden.

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten des FZ123cg und FZ45cg, welche flachgründige Rendzinen oder Kalkbraunlehme auf Kalken und Dolomiten aufweisen. Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe FZ* aktuell selten, weshalb die Schneebruch-Gefahr auf diesen Standorten in der Regel als gering eingestuft wird, durch den Klimawandel kann sich das ändern. Ein Hinweis darauf sind starke Schneefall-Ereignisse der letzten Jahre, beispielsweise im September, wodurch Wipfelbruch auch bei Fichte oder Lärche auftrat. Grundsätzlich zählt die Zirbe zu den besonders Schneebruch-resistenten Baumarten, da ihre Äste verhältnismäßig kurz und elastisch sind (McKinney et al. 2009), was ihre Bedeutung als Stabilitätsträger in dieser Waldgruppe hervorhebt.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe FZ* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden bei Fichte kommen (Rotfäule-Bildung). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe FZ* mit großer Häufigkeit in den Kalkalpen der Steiermark auf, allerdings ist Steinschlag-Gefahr auch in den anderen Gebirgsgruppen auf felsigen Steilstandorten gegeben.

Waldbrand: In der *Waldgruppe FZ* ist nur eine geringfügige Waldbrandgefahr gegeben, was vor allem auf die kühleren Temperaturen und höheren Niederschlagsmengen in der Waldvegetationszone

zurückzuführen ist. Trotzdem sind während lange andauernden Trockenperioden auf sonnseitigen Standorten mit Moderhumus-Auflagen (FZ123cg, FZ45cg) Achtsamkeit und Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um etwaige Brandentwicklungen zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände auch schattseitig und in anderen Waldstandortseinheiten auftreten. Fichtenreinbestände auf Standorten mit großen Moderhumusauflagen weisen dabei das höchste Gefährdungsrisiko auf.

Trockenheit: In der *Waldgruppe FZ* ist das Risiko von Trockenschäden an den Baumindividuen aufgrund der Seehöhe und dem damit verbundenen günstigeren Wasserhaushalt relativ gering. Trotzdem kann während lange andauernden Hitzeperioden in großen Bestandeslücken direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung führen. Trockenperioden können besonders auf den trockenen bis mäßig frischen Standorten (FZ123cg, FZ23rm, FZ3ue) zu Stress an den dort stockenden Bäumen führen. Grundsätzlich sind aber Karststandorte anfälliger für Trockenstress (somit auch FZ45cg). Am stärksten anfällig dafür sind Fichtenreinbestände. Lange andauernde Trockenperioden führen auf allen Waldstandortseinheiten zu einer erhöhten Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016), selbst in der kalten Nadelwaldzone.

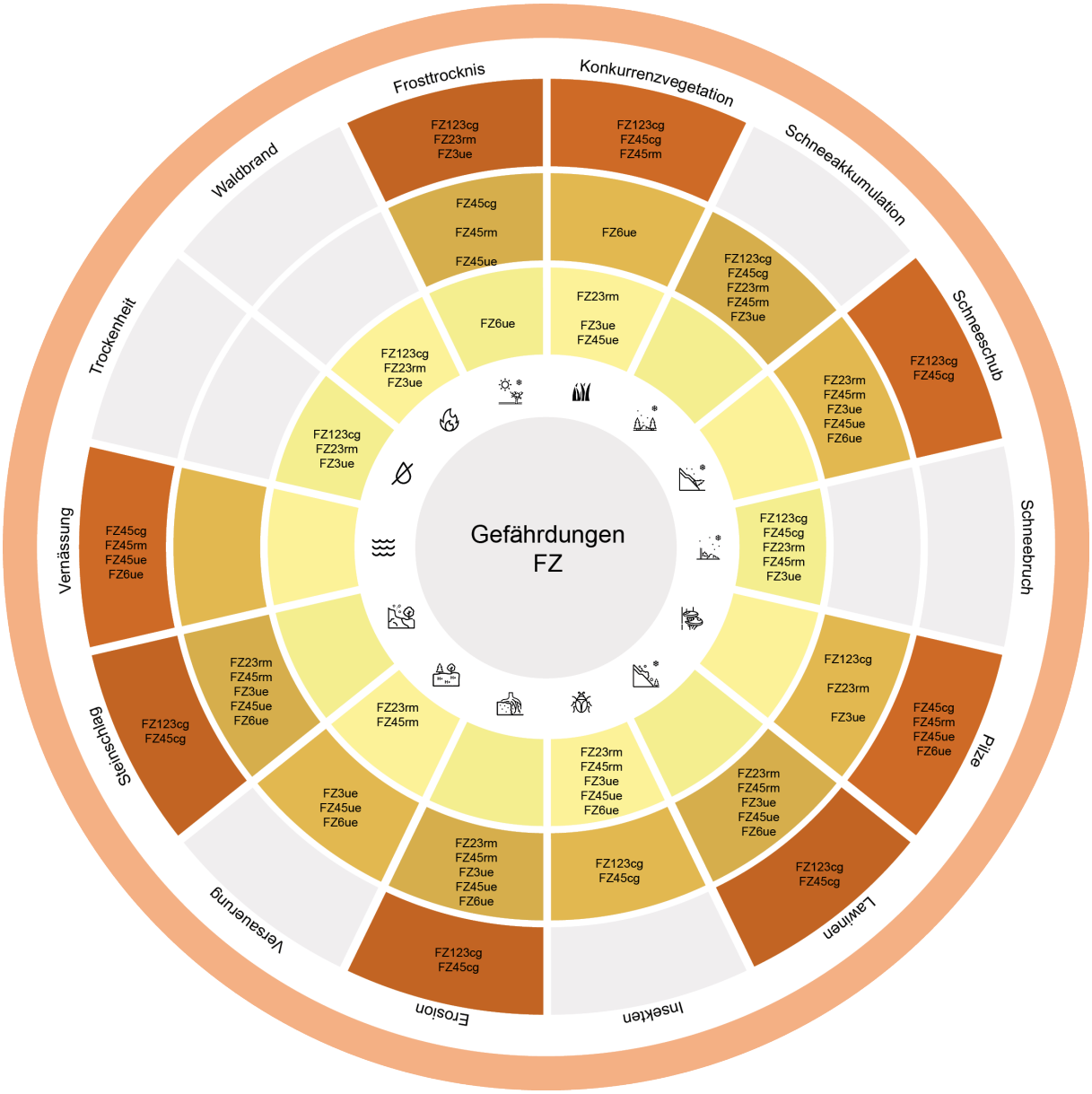
Insekten: Aktuell sind von Fichte dominierte Bestände der *Waldgruppe FZ* vor allem auf karbonatischen Standorten (etwa in den Nördlichen Kalkalpen der Steiermark) durch Borkenkäfer gefährdet (Buchdrucker). Das kann auch als Hinweis auf den Klimawandel interpretiert werden, weil die häufigeren Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß besonders durch erhöhte Temperaturen in höheren Lagen hervorgerufen worden sind (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoring-Maßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind daher auf allen Standorten dieser Waldgruppe, wo Fichten-Bestockung gegeben ist, empfohlen.

Pilzerkrankungen: Für **Fichte** gibt es in der *Waldgruppe FZ* bei gleichzeitigem Auftreten des Almrausches (*Rhododendron ferrugineum* oder *Rhododendron hirsutum*) die Gefahr des Fichten-Nadelrostes, welcher die Konkurrenzkraft der Fichte reduziert. Das wiederum begünstigt Lärche und Zirbe in ihrer Konkurrenzkraft. Auch der Schwarze Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) kann Jungfichten in ihrer Entwicklung beeinträchtigen.

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch schon ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall bedingt absterben.

Der Befall von **Zirbe** mit Weißem Schneeschimmel (*Phacidium infestans*) erfolgt auf Standorten mit hoher und lange andauernder Schneedecke und allgemein hoher Bodenfeuchte. Die Infektion erfolgt durch andauernden Bodenkontakt der Zirbenäste infolge von Schneedruck (Ebner und Scherer 2001; Loranger et al. 2016).

In der folgenden Abb. 2.8 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FZ* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.


Gefährdungen
FZ
Frosttrocknis
Konkurrenzvegetation
Schneeakkumulation
Schneeschub
Schneebruch
Pilze
Lawinen
Insekten
Erosion
Versauerung
Steinschlag
Vernässung
Trockenheit
Waldbrand
FZ123cg FZ23rm FZ3ue
FZ123cg FZ45cg FZ45rm
FZ45cg FZ45rm FZ45ue
FZ6ue
FZ23rm FZ3ue FZ45ue
FZ123cg FZ45cg FZ23rm FZ45rm FZ3ue
FZ123cg FZ45cg
FZ23rm FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ45cg FZ23rm FZ45rm FZ3ue
FZ123cg FZ23rm FZ45rm FZ3ue FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ23rm FZ3ue
FZ123cg FZ45cg FZ23rm FZ45rm FZ3ue
FZ45cg FZ45rm FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ23rm FZ3ue
FZ23rm FZ45rm FZ3ue FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ45cg
FZ23rm FZ45rm FZ3ue FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ23rm FZ3ue
FZ23rm FZ45rm FZ3ue FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ45cg
FZ23rm FZ45rm FZ3ue FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ45cg
FZ3ue FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ45cg
FZ23rm FZ45rm FZ45ue FZ6ue
FZ123cg FZ45cg
FZ23rm FZ45rm FZ3ue

2.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen auch steigende Bestandesrisiken und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten in der *Waldgruppe FZ* – siehe Kap. 3.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel sollten daher drei wesentliche Grundprinzipien verfolgen:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe FZ* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe FZ*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe FZ* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe FZ* in der *kalten Nadelwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der Höhenlage und der geringen Baumartenvielfalt nur bedingt gegeben (Abb. 2.9). Dazu ist in allen Fällen die Ausgangslage zu beachten, also die Frage, ob es sich aktuell um Zirben-Lärchen-Fichten-Waldbestände, Zirben-Fichten-Waldbestände, Fichten-Lärchen-Waldbestände, oder um Fichtenreinbestände handelt. In diesem Kapitel wird diesen unterschiedlichen Ausgangslagen Rechnung getragen und alle empfohlenen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

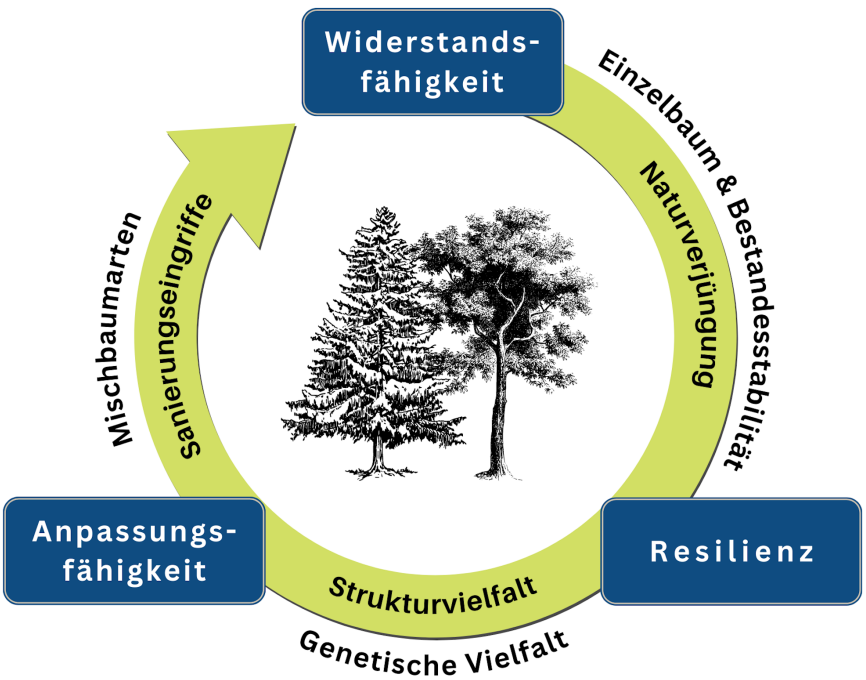


Abbildung 2.9: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

2.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für gepflanzte Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen ist zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (z.B. Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppe FZ* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Resilienz zu verbessern.

Die Zirbe kann bei verschiedensten Bodenbedingungen keimen, von stark vermoosten bis hin zu sehr felsigen, auflagearmen Mikrostandorten (Ulber et al. 2004). Sie ist schattentolerant und profitiert vom Anbau auf leicht erhöhten und dennoch geschützten Standorten. In Muldenlagen mit langer Schneelage erhöht sich die Gefahr einer Schneeschimmelinfektion (Neuschulz et al. 2017), wobei der Bodenkontakt der Jungpflanze die entscheidende Rolle spielt. Viele Jungbäume auf engem Raum können sich bei ihrem Aufkommen gegenseitig schützen und begünstigen (Carrer et al. 2013). Bereits Keimlinge besitzen tiefe Pfahlwurzeln, die ihnen auch die Besiedelung schlecht wasserversorgter Standorte ermöglichen (Hättenschwiler und Körner 1995).

Allgemein wird die Zirbe vom Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes* – aus der Familie der Rabenvögel) weiträumig verbreitet. Der Tannenhäher „vergisst“ zwar nur ca. ein Fünftel der von ihm deponierten Zirbensamen, dies reicht jedoch für eine Verjüngungsetablierung im Normalfall aus (Moning et al. 2009).

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe FZ* im Zuge der Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen, etc.) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich, besonders auf schattseitigen Standorten der *Waldgruppe FZ*, immer wieder qualitativ und quantitativ stark. Die Naturverjüngung spielt für Lärche in dieser Höhenzone eine große Rolle. Beimischung von Lärche mittels Kunstverjüngung wird in der *Waldgruppe FZ* dennoch von Bedeutung sein.

Die Fichte ist auf diversen frischeren Standorten auf Moderholz-Verjüngung angewiesen, damit ihre Keimlinge genügend Wärmesumme zur Entwicklung erhalten. Die Waldvegetationszone der *Waldgruppe FZ* weist gerade auf sehr frischen Standorten auch in den Sommermonaten oftmals sehr kühle Bodentemperaturen auf, welche eine erfolgreiche Verjüngungsentwicklung der Fichte verhindern. Die gezielte Platzierung von Baumstämmen zur Förderung von Moderholz-Verjüngung ist daher eine denkbare Variante auf Standorten mit Verjüngungsschwierigkeiten.

Die Zirbe ist in der *Waldgruppe FZ* aktuell vor allem in den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark verbreitet. Ihre Verbreitung kann forstlich ausgedehnt werden (auch auf die Bereiche, wo sie aktuell nicht stockt), weil sie in der Waldvegetationszone sehr gute Zuwächse erzielen kann und im Klimawandel standortstauglich bleibt. Sowohl Naturverjüngung als auch Kunstverjüngung sind für Zirbe möglich. Für die Neubegründung von Zirben-dominierten Waldbeständen ist auf die Verwendung der Baumarten-spezifischen Mykorrhizen in den Kulturen zu achten. Darüber hinaus muss für Zirbe auf einigen Standorten die Konkurrenz durch andere Baumarten vermindert werden, welche in der Regel ein rascheres Höhenwachstum aufweisen.

Die Mischbaumarten der *Waldgruppe FZ* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens bei waldökologisch tragfähigen Wildständen mittels Naturverjüngung etablieren. Dazu ist vor allem die Vogelbeere zu nennen, welche aktuell in der Waldvegetationszone auf allen Waldstandortseinheiten in der Krautschicht gegenwärtig ist. Berg-Ahorn und Berg-Ulme werden in der Klimazukunft vor allem auf Unterhängen oder auf weiteren basenreicheren Standorten in Einzelmischung gedeihen beziehungsweise etabliert werden können. Birke wird ebenfalls einwandern können und zumeist auf sonnigen Kahlflächen auf allen Standorten zu finden sein.

In der *kalten Nadelwaldzone* ist in der *Waldgruppe FZ* die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist an die spezifischen Wuchsbedingungen der Waldvegetationszone angepasst. Fichte ist in ihren regionalen Anpassungsformen zu vermehren, um im Einflussfeld von großen Schneelasten im Winterhalbjahr zu bestehen. Die sogenannte Platten-Fichte vermindert mittels der spezifischen Geometrie ihrer Äste das Risiko von Schneebruch. Die regionale Anpassungsform Hochlagen-Lärche garantiert ein Überleben in der Waldvegetationszone aufgrund von zeitlich adäquatem Austreiben im Frühjahr. Zirbe ist in der *Waldgruppe FZ* im Bereich optimaler Wuchsbedingungen. Sie kann sich sowohl in Konkurrenz mit Fichte und Lärche behaupten, als auch beachtliche Wuchshöhen von mehr als 20 m erzielen. Ihre genetische Vielfalt ist in der Waldvegetationszone als angepasst zu erachten.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar. Kunstverjüngungs-Maßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut zu achten ist. Auf die regionale Versorgung mit standortsangepasstem Saatgut ist gerade in der *Waldgruppe FZ* großer Wert zu legen.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist – trotz der eher eingeschränkten Baumartenanzahl – auch in der *Waldgruppe FZ* von Bedeutung für die Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall verhindern kann. In den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark ist in der *Waldgruppe FZ* daher die Mischung von Zirbe, Lärche und Fichte mit den tauglichen Laubbaumarten (Vogelbeere) zu erhalten beziehungsweise zu entwickeln. In der Klimazukunft werden Berg-Ahorn (auf basenreichen Standorten) und Birke (auf allen Substraten) an Bedeutung gewinnen und können waldbaulich gefördert werden. Der waldbauliche Spielraum und die Anzahl der Optionen erhöhen sich mit einer vermehrten Baumartenvielfalt.

Bei der künstlichen Einbringung von Mischbaumarten sind diese wirksam gegen Wildverbiss zu schützen, weil ansonsten diese Baumarten bei den derzeitigen Schalenwildbeständen nicht erfolgreich etabliert werden können. Grundsätzlich ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen aber als Voraussetzung für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel zu sehen, besonders in den Waldgruppen, wo Zirbe eine große Bedeutung haben kann.

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden. Die ungleichen Wuchsrelationen zwischen Fichte, Lärche und Zirbe und die damit verbundene gruppenweise Mischung erleichtern einen stufigen Bestandesaufbau. Die Entnahmen sollten sich daher immer an ganzen Gruppen orientieren.

Einzelbaum- und Gruppenstabilität

Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände: Die Präsenz der drei Nadelbaumarten in einem Waldbestand der kalten Nadelwaldzone ist per se schon ein Gewinn an Resistenz, weil die damit gegebene Diversität an Baumarten eine erhöhte Bestandesstabilität erbringt. Sollte eine Baumart Probleme mit Schadfaktoren bekommen, können die anderen, ihren Platz einnehmen. Für alle drei Baumarten ist die Förderung von stabilen und vitalen Einzelbäumen mit optimalem H/D-Wert (< 0,8) zu verfolgen. Zur Erzielung des gewünschten Mischungsanteiles von Zirbe, Lärche und Fichte sind waldbauliche Eingriffe im Jungwuchs- und Dickungsstadium vorteilhaft. Wenn sich Zirbe (oder Lärche) stammzahlreich und großflächig verjüngen, können in solchen Beständen auch flächige Pflegeeingriffe zur Erhöhung der mechanischen Stabilität notwendig sein. Unter Umständen kann es auf wuchskräftigen Standorten notwendig werden, Zirbe auf Kosten der Fichte zu fördern, um den erwünschten Zirben-Anteil nachhaltig sicherzustellen. Zirbe und Fichte gedeihen immer wieder in Rotten-Strukturen, welche erhalten beziehungsweise in Jugendstadien zur Stabilitätsförderung gestaltet werden sollten. Die Pflege von stabilen Gruppen sollte sich auf das Nötigste beschränken: Aushieb stabilitätsgefährdender Bäume (negative Auslese) und Entfernung von nach oben und unten bedrängenden Zwischenständern (positive Auslese). Dabei darf die Gruppe nicht aufgelöst, die Widerstandskraft nicht herabgesetzt und die Bäume nicht vereinzelt werden. Die Pflegeeingriffe und Entnahmen sollten sich daher immer an ganzen Gruppen orientieren. Für erwünschte Lärchen-Anteile ist für ausreichend Lichtgenuss dieser Baumart zu sorgen.

Fichtenreinbestände: Auch in der *Waldgruppe FZ* können verbreitet Fichtenreinbestände auftreten. Die waldbauliche Förderung von stabilen und vitalen Einzelbäumen mit optimalem H/D-Wert (< 0,8) ist dabei anzustreben. Dieses Prinzip ist im Zuge von Durchforstungen oder der Dickungspflege verfolgbar. Bestehende Fichten-Rotten sind als Kollektiv zu belassen (Rotten-Stabilität), um deren stabilisierendes Gefüge zu erhalten. Im Zuge von Jungwuchs- und Dickungspflege-Maßnahmen können bereits Rotten-Strukturen gestaltet beziehungsweise gefördert werden. Es kann überlegt werden, mittelfristig eine Überführung in Zirben-Fichten-Bestände oder Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände durchzuführen.

Lärchen-Bestände: Auf sehr steilen Sonderstandorten, die durch hohe Schneelagen und folglich sehr frische Standortsbedingungen gekennzeichnet sind, etablieren sich aufgrund des Prozesses des Schneekriechens oft Waldbestände mit dominanter Lärche. Diese Schutzwald-Bestände dürften nur in den seltensten Fällen waldbauliche Maßnahmen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit erfordern.

Stabile Lärchen-Individuen mit adäquaten H/D-Werten sind jeweils zu fördern. Es ist darauf zu achten, dass Säbelwuchs der Lärche eine natürliche Reaktion auf die Standortsbedingungen ist und folglich keinen Grund für die Entfernung von Lärchen-Individuen darstellt.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Bei Befall von **Fichte** mit dem Fichten-Nadelrost (*Chrysomyxa rhododendri)* gibt es keine Vermeidungsmöglichkeiten. Der Pilz verursacht in der Regel nicht den Tod der befallenen Bäume, allerdings können Fichten im Jungwuchs-Stadium einen entscheidenden Konkurrenz-Nachteil gegenüber Lärche und Zirbe erfahren. Deshalb ist auf Standorten, wo der Zwergstrauch Almrausch (*Rhododendron ferrugineum* oder *Rhododendron hirsutum*) gegenwärtig ist, zu erwägen, vor allem Zirbe und Lärche waldbaulich zu fördern. Gegen den Schwarzen Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) kann nur insofern vorgegangen werden, als dass Jungfichten systematisch von unmittelbarer Begleitvegetation freigeschnitten werden können und bereits bei der Pflanzung feucht-kalte Standorte (Schneetälchen) gemieden werden sollten.

Borkenkäfer haben in der jüngsten Vergangenheit auch die *Waldgruppe FZ* als Lebensraum erobert. Deshalb ist auch hier Augenmerk auf etwaige Borkenkäfer-Kalamitäten zu legen. Die üblichen Vermeidungsmaßnahmen sind zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen, um die vorhandene Population der Schädlinge zu beobachten. Gemischte Nadelwaldbestände sind auch in der *Waldgruppe FZ* von entscheidendem Vorteil, daher ist die Beimischung von Lärche oder Zirbe zu forcieren. Auch die Beimischung von Vogelbeere, oder die zum Teil neue Etablierung von Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Birke, sind hilfreich, um die Widerstandskraft zu fördern.

Der Befall von **Zirbe** mit dem Weißen Schneeschimmel (*Phacidium infestans*) erfolgt auf Standorten mit hoher und lange andauernder Schneedecke. Vermieden werden kann ein derartiger Befall vor allem durch die geeignete Standortswahl bei der Aufforstung mit Zirbe. Anstatt schneereicher Mulden sollen kleinräumige Rücken oder Erhebungen zur Bepflanzung gewählt werden. Schneereiche Winter können aber die Entwicklung von Weißem Schneeschimmel trotz vorbeugender Maßnahmen ermöglichen. Die Infektion erfolgt nämlich durch andauernden Bodenkontakt infolge von Schneedruck (Ebner und Scherer 2001).

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können dennoch dadurch absterben. Zudem traten in den letzten Jahren verbreitet Spätfrost-Schäden an Lärche auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche ebenfalls ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen. Weder die Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche können vermieden werden.

2.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe FZ* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels nicht so stark gegeben wie in den darunter liegenden Waldgruppen, dennoch sind auch auf diesen Standorten Veränderungen zu erwarten. Das Vorkommen der heutigen *Waldgruppe FZ* wird aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges in die *Waldgruppe Fs* (Fichtenwald-Standorte subalpin, mäßig kalte Nadelwaldzone) verändert werden und folglich kann zuerst mit den Baumarten Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Birke das Baumartenspektrum langsam ergänzt werden.

Der Grund für die Vorsicht sind die heute noch wirksamen Temperaturverhältnisse in der Höhenlage (Frost, Spätfrost, Schneelagen), welche für eine kurzfristige Etablierung der erwähnten Baumarten noch erschwerend wirken könnten. Als Lösungsstrategie für diese unsichere Situation kann in den tieferen Lagen der *Waldgruppe FZ* bereits heute mit dem Einbringen von vereinzelten Individuen von Berg-Ahorn, Berg-Ulme (basische Waldstandortseinheiten) und Birke (alle Waldstandortseinheiten) unter Schirm begonnen werden (Schutz vor zu starker Ausstrahlungsabkühlung). Dabei kann beobachtet werden, ob die Frosteinwirkung auf diesen Standorten schon heute eine Etablierung dieser Baumarten zulässt.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Zum Teil werden aktuelle Baumartenkombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren, während in den tiefergelegenen Bereichen bereits die Baumarten Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Birke Tauglichkeit erlangen werden. Dort kommt es folglich zum Übergang in die mäßig kalte Nadelwaldzone (*Waldgruppe Fs*). Im Folgenden werden die klimafitten Mischungstypen differenziert beschrieben (siehe Tab. 2.4).

Zi - Lä - Fi (auf allen Standorten der Waldgruppe)

In allen Bereichen der *Waldgruppe FZ* wird die Mischung von Zirbe, Lärche und Fichte auch in der Zukunft ihren klimafitten Status bewahren. Die Mischungsanteile können sehr stark variieren. Von dominanter Zirbe mit vereinzelten Lärchen und Fichten bis hin zu annähernd gleichen Anteilen der drei Nadelbaumarten ist alles möglich. In der Klimazukunft kann es sein, dass auf wuchskräftigen Standorten die Fichte gegenüber Zirbe an Konkurrenzkraft gewinnt. Das kann durch waldbauliche Maßnahmen zugunsten der Zirbe geregelt werden.

Zi - Lä - Fi - (BAh) (auf den bodenbasischen Waldstandortseinheiten: FZ123cg, FZ45cg, FZ23rm, FZ45rm)

In den tiefer gelegenen Bereichen der heutigen *Waldgruppe FZ* erlangt Berg-Ahorn Standortstauglichkeit. Berg-Ahorn ist dann sukzessive in den Zi-Lä-Fi-Waldbeständen zu etablieren, am besten mittels Pflanzung auf geeigneten Mikro-Standorten. Eine Begründung unter Schirm ist zur Vermeidung von Frostschäden notwendig. Die Mischung der drei Nadelbaumarten mit Berg-Ahorn bringt in der Klimazukunft eine erhöhte Anpassungsfähigkeit der Waldbestände und ist daher für die oben genannten Standorte empfohlen.

Zi - Fi (auf allen Standorten der Waldgruppe)

In allen Bereichen der *Waldgruppe FZ* wird die Mischung von Zirbe und Fichte auch in der Zukunft ihren klimafitten Status bewahren. Die Mischungsanteile können sehr stark variieren. Von dominanter Zirbe mit vereinzelten Fichten bis hin zu annähernd gleichen Anteilen der zwei Nadelbaumarten ist alles möglich. In der Klimazukunft kann es sein, dass auf wuchskräftigen Standorten die Fichte gegenüber Zirbe an Konkurrenzkraft gewinnt. Das kann durch waldbauliche Maßnahmen zugunsten der Zirbe geregelt werden.

Lä - Vb (auf schneereichen Steilhang-Standorten, *Waldgruppe LA*)

Auf steilen und im Winter besonders schneereichen Standorten ist aufgrund des Prozesses des Schneekriechens die Lärche die einzige bestandesbildende Baumart. Zirbe und Fichte kommen dort höchstens vereinzelt vor. Vogelbeere ist die einzige vertretene Laubbaumart und ist in der Regel vereinzelt beigemischt. Lärche ist aufgrund des Schneekriechens zumeist säbelwüchsig, aber trotzdem stabil. Diese spezifischen Standorte gehören der *Waldgruppe LA* an, welche aber durch das Standortmodell nicht räumlich explizit dargestellt werden kann. Waldbauliche Management-Eingriffe werden zumeist nicht notwendig sein. Es ist zu bemerken, dass auch in Zukunft nur Lärche in der Lage ist, diese Standorte stabil zu bestocken.

Dringlichkeit der Maßnahmen

In der *Waldgruppe FZ* ist die aktuelle Bestockung der Waldstandorte in der Regel standortstauglich, das heißt es gibt heute zumeist keine Notwendigkeit einer raschen Anpassung der Baumarten-Diversität durch eine Bestandesumwandlung. Daher ist die Dringlichkeit von Anpassungs-Maßnahmen als relativ gering einzustufen. Trotzdem ist für die Klimazukunft die Erreichung der Standortstauglichkeit der neu einwandernden Baumarten Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Birke auf den ausgewiesenen Standorten vorzubereiten. Auf den tieferliegenden Standorten der *Waldgruppe FZ* kann dadurch die Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel verbessert werden. In der Tab. 2.4 sind die unterschiedlichen klimafitten Mischungstypen der *Waldgruppe FZ* dargestellt.

Tabelle 2.4: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe FZ* unter Berücksichtigung der aktuellen und der zukünftigen Baumarteneignung.

Lokalität und Spezifikation	**Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
alle FZ Standorte (aktuell)	FZ, Fs	Zi – Lä - Fi
	FZ, Fs	Zi - Fi
Bodenbasische FZ-Standorte	FZ, Fs	Zi – Lä – Fi - (BAh)
Schattseitige und schneereiche Steilhangstandorte (*Waldgruppe LA*)	LA, Fs	Lä - Vb

* sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

2.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe FZ* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe Fs* vorherrschen, es also auf den betreffenden Standorten zu einer Veränderung von der kalten Nadelwaldzone in die mäßig kalte Nadelwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand unterstellt, darüber hinaus wurden für alle Optionen die Maßnahmen nach den Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert.

In der Tab. 2.5 werden Anpassungsoptionen zur Erzielung von Zirben-Lärchen-Fichten-Beständen ausgeführt. Es wird die Überführung von einschichtigen Fichten-Lärchen-Beständen (Fichte 60 % und Lärche 40 %) in Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände ausgeführt. Im Klimawandel kommt der Zirbe besondere Bedeutung zu, weil sie neben ihrer Kälte-Resistenz auch unter erhöhten Temperaturen ihre Tauglichkeit behalten wird. Waldbaulich zu regeln ist aber der vermutlich höher werdende Konkurrenzdruck durch Fichte, ein Faktum, das in der Beschreibung der waldbaulichen Optionen berücksichtigt wurde. Waldbestände in der *Waldgruppe FZ*, welche ausschließlich aus Fichte und Lärche aufgebaut sind, werden durch die Überführung in Zirben-Mischwaldbestände klimafitter.

In Tab. 2.6 ist eine Erhaltungsoption für klimafitte Zirben-Fichten-Waldbestände der kalten Nadelwaldzone in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse ausgeführt. Die Ausgangslage ist mit 80 % Zirbe und 20 % Fichte in Form eines ungleichaltrigen und gestuften Mischbestands gegeben. Die Klimaszenarien lassen auf eine Veränderung der Standortsbedingungen von der *Waldgruppe FZ* in die *Waldgruppe Fs* schließen. Die Option verfolgt die aktive Erhaltung des hohen Zirben-Anteils in der Baumartenmischung und hat den vorsichtigen Anbau von Berg-Ahorn zum Ziel, der auf den basenreichen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FZ* (FZ123cg, FZ45cg, FZ23rm, FZ45rm) in der Klimazukunft Standortstauglichkeit erlangen wird.

Tabelle 2.5: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichten-Lärchen-Beständen in den klimafitten Mischungstyp Zirbe-Lärche-Fichte.

FZ – Anpassungsoptionen für einschichtige Fichten-Lärchen-Bestände
Überführung in Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände mittels Gruppenentnahmen
Überführung der einschichtigen Fichten-Lärchen-Bestände in Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände: **Ziel:** Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände; Zirbe 70 %, Lärche 20 %, Fichte 10 %; (Rottenstruktur); U = 140-200 Jahre
Jungwuchs
Check der Jungwuchs-Phase, Nachbesserung mit Zi in Lücken (Versorgung mit artspezifischer Mykorrhiza), bei Bedarf Entnahme von Fi und Lä, um Platz für Zi zu schaffen. Rottenstruktur für Fi und Zi wird angestrebt. Zi ist in großen Gruppen zu etablieren; auch für Lä ist Gruppenmischung anzustreben. Achtung auf das Bestockungsziel.
Dickung
Ausformung von Fi-Lä-Dickungen im Hinblick auf Rottenstrukturen: Entnahme von wenig vitalen Fi und Lä; Rottenstrukturen von Fi fördern; Sicherstellung von Lä-Gruppenmischung.
Stangenholz
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä); Rottenstrukturen dabei erhalten.
Baumholz
Entnahme von Fi-Rotten und Lä-Gruppen in hiebsreifen Beständen: Entnahme von Rotten und Gruppen, 1-2 Baumlängen Durchmesser; Verjüngung von Zi durch Pflanzung (Versorgung mit Mykorrhiza) – in großen Gruppen etablieren (dadurch Konkurrenz der anderen Baumarten gering halten). Verjüngung von Fi und Lä eventuell durch Integration von Naturverjüngung, sonst Pflanzung, dabei Rottenstrukturen von Fi und Gruppen von Lä etablieren oder ermöglichen. Achtung auf das Bestockungsziel.
Dauerwald-Konzept
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Lä-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Zi, Lä und Fi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Zi ist in großen Gruppen mittels Versorgung mit artspezifischer Mykorrhiza zu pflanzen; durch Gruppenentnahmen in Rottenform können Zi- und Fi-Rotten und Lä-Gruppen in der Ober- und Unterschicht etabliert und/oder gefördert werden (Dauerwald-System basierend auf Rottenstrukturen). **Zeitraum > 100 Jahre**.

Tabelle 2.6: Erhaltungsoptionen für Zirben-Fichten-Bestände in der *Waldgruppe FZ* mit Berg-Ahorn-Testanbau.

FZ – Erhaltungsoptionen für Zirben-Fichten-Bestände mit Testanbau von Berg-Ahorn
Zirben-Fichten-(Berg-Ahorn)-Mischungstyp
Nachhaltige Sicherung des Zirbenanteils und Förderung der Etablierung von Berg-Ahorn: Versuchsweise Etablierung von Berg-Ahorn in aktuellen Zirben-Fichten-Waldbeständen, Sicherung des Zirbenanteils. **Ziel:** Zirbe 80 %, Fichte 20 %, Versuch von Unterbau von Berg-Ahorn; U = 150-250 Jahre
Jungwuchs
Mischungsregulierung und Pflanzung: Regulierung von Naturverjüngung im Hinblick auf das Bestockungsziel; bei Pflanzung Zi 80 %, Fi 20 %; BAh nur unter Schirm versuchsweise pflanzen; Erfolgskontrolle für BAh.
Dickung
Mischungsregulierung in bestehenden Zi-Fi-Dickungen gemäß Bestockungsziel, BAh-Testpflanzung: Dickungen werden reguliert, Zi und Fi in Gruppenmischungen ausformen; Berg-Ahorn nur unter Schirm pflanzen.
Stangenholz
In bestehenden Zi-Fi-Stangenhölzern ist das **Konkurrenzverhältnis** zugunsten von Zirbe zu **regeln:** Zirben-Gruppen etablieren, Fichte – wenn notwendig – entsprechend Bestockungsziel verringern. Versuchspflanzung von Berg-Ahorn unter Schirm nur im Falle von bestehenden Lücken.
Baumholz
Nutzung von hiebsreifen Zirben und Fichten: Kleinflächige Entnahme in Rottengröße; Verjüngung mittels Natur- und Kunstverjüngung, dabei Mischung gemäß Bestockungsziel verfolgen. Versuchspflanzung von BAh unter Schirm; weiterhin Fokus auf die Erzielung von gestuften Beständen und die definierten Zi-Fi-Anteile.
Dauerwald-Konzept
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich bereits gestuften Zi-Fi-Bestände **können** sukzessive in ein Dauerwald-System mit Zi, Fi und BAh überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Gruppenentnahmen in Rottenform können Zi- und Fi-Rotten in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die testmäßige Etablierung von BAh (vorerst unter Schirm) erlaubt in Zukunft eine stärkere Strukturierung der Bestände (Dauerwald-System basierend auf Rottenstrukturen). **Zeitraum > 100 Jahre.**

2.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe FZ* sind in der Steiermark Schutzwaldanteile weit verbreitet gegeben. Speziell in den steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen und felsigen Taleinhängen ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzwirkung der Bestände zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern. Grundvoraussetzung für ein Gelingen der waldbaulichen Maßnahmen sind waldökologisch tragfähige Schalenwildbestände.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe FZ* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Nadelbaumarten (Zirbe, Lärche, Fichte) vorhanden sind. Beigemischte Laubbaumarten (Vogelbeere) wirken zusätzlich stabilisierend. Die durch den Klimawandel bedingte Einwanderung von Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Birke in die Waldbestände der heutigen *Waldgruppe FZ* ist auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu ermöglichen.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald spielt Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung eine entscheidende Rolle, daher sind ungleichaltrige und mehrschichtige Waldbestände anzustreben. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe FZ* gut umsetzbar, weil die Baumartenvielfalt vor allem bei den Nadelbaumarten groß ist. Damit sind gute Voraussetzungen vorhanden, um stabile und resiliente Bestände zu entwickeln.

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist die kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20% der Bestandesfläche sollten sich daher etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018). Als Keimbett sind erhöhte Stellen ohne starke Vegetationskonkurrenz wichtig. Meist ist zusätzlich auch ein Schutz vor Schneegleiten notwendig, wie Baumstöcke, Totholz oder Steine. Bei höherem Lärchenanteil ist auch freigelegter Mineralboden wichtig. Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Baumarten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. In der *Waldgruppe FZ* sind daher kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen günstig. Vor allem Schlitze und Schneisen sind günstig, denn diese bieten im Sommer optimale Sonneneinstrahlung und reduzieren die intensive direkte Einstrahlung.

Als Grundvoraussetzung für den Weiterbestand der Zirbenwälder der Steiermark ist eine erfolgreiche Entwicklung der vitalen Verjüngung aller Baumarten der *Waldgruppe FZ* zu sehen. Wenn die Schalenwildbestände in diesen Regionen, insbesondere im Hinblick auf die Rotwilddichte, nicht auf ein waldökologisch tragfähiges Niveau reduziert werden, ist die Zirbe in der Steiermark für die

Waldbewirtschaftung als verloren zu erachten. Aktuell verjüngen sich zirbenreiche Waldbestände nur im Nahbereich von Schigebieten oder um Alpenvereinsschutzhütten, wo die Präsenz von Menschen die überbordenden Wildschäden verhindert.

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der Nadelbaumarten Zirbe, Lärche und Fichte von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (<0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind Vogelbeere und in Zukunft Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Birke.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppe FZ* möglichst geschlossen zu halten. Bei Nutzungen oder bei der Einleitung von Naturverjüngungsverfahren sind Bestandeslücken kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, auf denen Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden würden. Tiefwurzelnde Baumarten (Zirbe, Lärche) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher bei Pflegemaßnahmen gefördert werden. Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration einer möglichen Erosion während Starkregenereignissen entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, sollte bei Einleitung der Naturverjüngung eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei nicht den Grenzwert der Lückengröße überschreiten. Während Fichte nach Stammverletzungen anfällig für Fäule ist, ist Lärche dahingehend weniger empfindlich und daher länger stabil. Auch weitere Baumarten der *Waldgruppe FZ* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Zirbe, Vogelbeere, in Zukunft Berg-Ahorn). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe und liegende Stämme rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg abgelegt werden, damit die Felsbrocken gebremst werden und verhindert wird, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus die hinter den Stämmen abgelagerten Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es besser auf eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zu achten bzw. durch Pflegeeingriffe zu etablieren. Laubbäume mit starken Durchmessern und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

3. Fs – Fichtenwald-Standorte subalpin

in der mäßig kalten Nadelwaldzone

Tabelle 3.1: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe Fs* – Fichtenwald-Standorte subalpin in der mäßig kalten Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
Fs45c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	frisch bis sehr frisch	12.000 ha / 23,9%
Fs6c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	feucht	107 ha / 0,2%
Fs123cg	carbonatisch bis basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	trocken bis mäßig frisch	155 ha / 0,3%
Fs45g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	frisch bis sehr frisch	1899 ha / 3,8 %
Fs6grm	basengesättigt bis basenhaltig	feinerdereiche Karbonatgesteine bis intermediäre Silikatgesteine	feucht	159 ha / 0,3%
Fs23rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken bis mäßig frisch	14 ha / 0,03%
Fs45rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	5.644 ha / 11,2%
Fs23ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	mäßig trocken bis mäßig frisch	12 ha / 0,02%
Fs45ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	29.777 ha / 59,2%
Fs6ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht	530 ha / 1,1%

Charakteristika

Verbreitung Die Waldgruppe der Fichtenwald-Standorte subalpin (Fs) kommt in der **mäßig kalten Nadelwaldzone** auf 50.298 ha vor, was rund 4,6 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Es sind das in der klassischen Bezeichnung die tiefsubalpinen Standorte der steirischen Gebirgsgruppen.

Baumartenspektrum Fichte, Lärche, Zirbe, Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Birke, Vogelbeere

Straucharten Latsche, Grün-Erle, Großblatt-Weide, weitere Weidenarten, Zwergstrauch-Weidenarten

Gastbaumarten: Es gibt in dieser Waldvegetationszone keine geeigneten Gastbaumarten

Strukturen In der Waldgruppe sind von Fichte dominierte Waldbestände vorherrschend; darüber hinaus sind Fichten-Lärchen-Bestände, Zirben-Fichten-Bestände und Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände ausgebildet. Rottenstrukturen sind in der *Waldgruppe Fs* verbreitet bestandesprägend. Die erwähnten Straucharten können immer wieder in variierender Beimischung auftreten.

3.1 Standorte heute

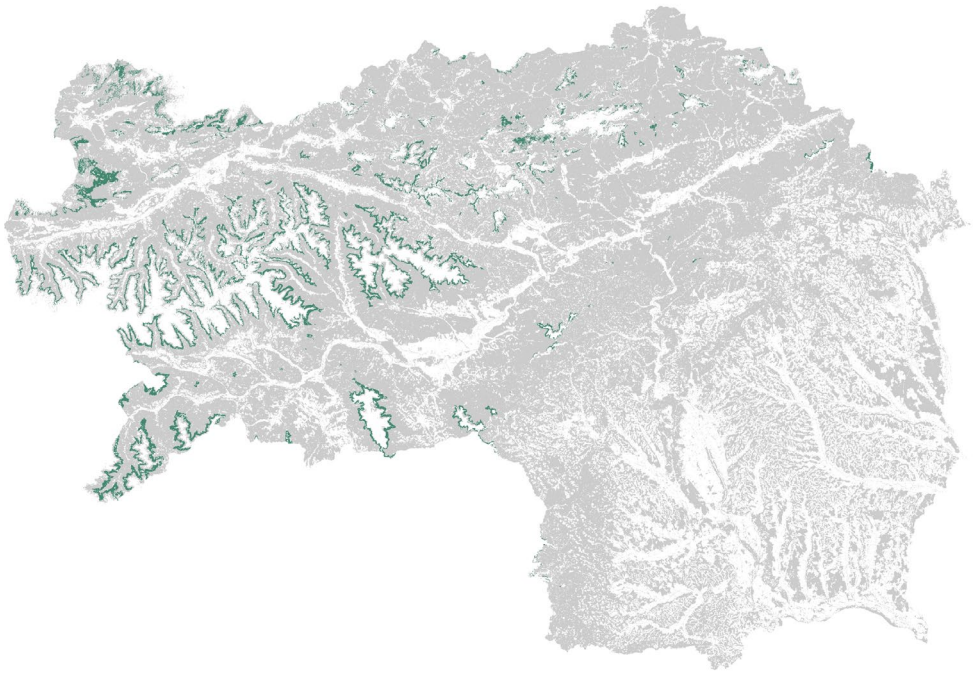


Abbildung. 3.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe Fs*, Fichtenwald-Standorte subalpin in der mäßig kalten Nadelwaldzone. Daten-Basis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die ***Waldgruppe Fs* – Fichtenwald-Standorte subalpin** (Abb. 3.1) tritt in der *mäßig kalten Nadelwaldzone* der Steiermark auf. Sie erstreckt sich aktuell etwa zwischen 1.600 m und 1.800 m Seehöhe in ihrem Kernbereich (Abb. 3.6).

Aktuell ist die Fichte in dieser Waldgruppe die am weitesten verbreitete Baumart. Darüber hinaus tritt Fichte auch in Kombination mit Lärche und Zirbe auf. Das mäßig kalte Hochlagenklima und die Kürze der Vegetationszeit schließen Buche und Tanne aktuell aus. Charakteristisch für diese Waldgruppe ist das Vorkommen der Lichtbaumart Lärche bei initialer Bestandesentwicklung und der Halbschattbaumart Fichte in fortgeschrittenen Entwicklungsstadien. Darüber hinaus sind die Straucharten wie Latsche, Grün-Erle, Großblatt-Weide, weitere Weidenarten oder Zwergstrauch-Weidenarten anzuführen, welche immer wieder beigemischt auftreten können.

Fichten-Lärchen-Bestände sind weit verbreitet, in den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark (Zirbitzkogel, Gurktaler Alpen, Niedere Tauern, Dachstein, Stoderzinken, Gesäuse) sind Zirben-Fichten-Bestände und Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände ebenfalls weiträumig ausgebildet. Von den Laubbaumarten tritt in den Waldbeständen nur Vogelbeere als beigemischte Baumart auf. In tieferen Lagen sind auf basischen Standorten der Waldvegetationszone auch Berg-Ahorn und Berg-Ulme noch verbreitet, während Birke dort auch saure Standorte als Mischbaumart besiedelt. Diese Laubbaumarten finden aktuell innerhalb der *Waldgruppe Fs* ihr Limit bezüglich ihrer Höhenverbreitung.

In allen Gebirgsgruppen der Steiermark können auf besonders steilen und zumeist schattseitigen Standorten von Lärche dominierte Waldbestände gedeihen. Es sind dies Standorte, welche durch starkes „Schneekriechen“ geprägt sind. Dadurch werden junge Individuen von beispielsweise Fichte geknickt, weshalb diese Baumart auf den Standorten periodisch ausfällt. Die Lärche erreicht folglich Dominanz. Die *Waldgruppe LA* wird aufgrund des eher seltenen Vorkommens der Waldstandortseinheiten im Standortmodell allerdings nur zusammenfassend in diesem Kapitel beschrieben. Diese Waldstandortseinheiten finden sich oft gemeinsam auf den als *Waldgruppe Fs* gekennzeichneten Flächen, Waldbesitzer:innen können sie an der Dominanz von Lärche in den Waldbeständen erkennen.

Die *Waldgruppe LA* (Lärchenwald-Standorte) kommt laut Standortsmodell auf rund 1 ha (0,00007 % der Waldfläche in der Steiermark) in der mäßig kalten bis sehr kalten Nadelwaldzone vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufe „feucht“ gekennzeichnet. Sie umfasst sowohl sowohl feinerdearme und feinerdereiche Karbonatgesteine als auch basenreiche bis mäßig basenhaltige Silikatgesteine. Ihre tatsächliche Verbreitung ist deutlich größer, aber mit dem derzeitigen Standortsmodell nicht modellierbar.

Tabelle 3.2: Übersicht zu den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LA* (Lärchenwald-Standorte).

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt	Verbreitung
LA6cg	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	feucht	0,6 ha / -
LA6rm	basenreich und basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	feucht	0,4 ha / -

In der *Waldgruppe LA* sind vor allem Mittelhanglagen ausgebildet, jene sind die Örtlichkeiten, wo Schneereichtum und Steilheit zusammen auftreten. Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LA* umspannen Basenklassen „c“ und „g“ (carbonatische und basengesättigte Standorte, als feinerdearme und feinerdereiche Karbonatgesteine) und die Basenklassen „r“ und „m“ (basenreiche und mäßig basenhaltige Silikatgesteine). Es sind in dieser Waldgruppe also durchaus nährstoffreiche Substrate vorhanden (Tab. 3.2). Auf diesen feuchten Standorten gedeiht fast ausschließlich Lärche. Fichte und Zirbe fallen aufgrund von Schimmelbefall und dem Prozess des Schneekriechens aus. Birke und Vogelbeere können in der mäßig kalten Nadelwaldzone auftreten. Die Jahresmitteltemperatur in der *Waldgruppe LA* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1,5°C. Der Jahresniederschlag in der *Waldgruppe LA* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1.742 mm. Die Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlag werden laut den unterstellten Szenarien ansteigen und die *Waldgruppe LA* wird in der Klimazukunft noch eine geringere Verbreitung aufweisen und vermutlich verschwinden (Tab. 3.3).

Tabelle 3.3: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der Waldgruppe LA.

	Waldgruppe	1989 - 2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmitteltemperatur (°C)	**LA**	1,5 °C	3,6 °C	5,0 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	**LA**	1742 mm	1867 mm	1815 mm

Dennoch ist auf den schneereichen und steilen Standorten in der Gegenwart weiterhin Lärche die einzige Baumart, welche das starke Schneekriechen überleben kann. Somit sind die Waldbestände oft auch am Säbelwuchs von Lärche zu erkennen. Daher ist bis auf weiteres die Lärche auf diesen Standorten zu fördern beziehungsweise ihrer natürlichen Entwicklung zu überlassen. Aktuell kann man auf diesen Standorten keine anderen Baumarten forstlich begründen. In den verbreiteten Lärchen-Beständen in *Waldgruppe LA* ist auf eine hohe Einzelbaum-Stabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden. Erfolgreiche Beispiele dazu sind im Lärchenprojekt Murau dokumentiert.

Auf den feuchten Standorten (LA6cg, LA6rm) können Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (LA6cg). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe LA* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich immer wieder qualitativ und quantitativ stark.

Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte. Lärche ist dominant und der wesentliche Stabilitätsträger, das Erhalten einer stabilen Bestockung ist von zentralem Interesse (Lawinenschutz). Alle auftretenden Mischbaumarten (Zirbe, Fichte, Berg-Ahorn) sind – wenn möglich zu erhalten.

Relief

In der *Waldgruppe Fs* sind in der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Mittelhanglagen und Oberhanglagen dominieren. In vielen der steirischen Gebirgsgruppen sind die Taleinhänge sehr steil ausgeprägt, was die Schutzwaldfunktion der Waldbestände in den Vordergrund rückt wobei Steinschlag, Schneebewegungen und zusätzlich Lawinen oder Bodenerosion als Hauptgefährdungen in Frage kommen. Auch Rutschungen, Blaiken und mancherorts Hangbewegungen sind aufgrund des Reliefs möglich. Die Hanglagen können in diversen Gebirgsgruppen entweder als steile Flanken (u.a. Hochschwab, Gesäuse) oder auch relativ sanft verlaufend (u.a. Wechsel, Pretul, Fischbacher Alpen, Gurktaler Alpen, Koralpe) ausgeprägt sein.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der mäßig kalten Nadelwaldzone der *Waldgruppe Fs* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 3,3°C. Dabei schwankt die Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten nur wenig, in Fs45c ist sie mit 3,6°C am höchsten, in Fs23rm ist sie mit 3,2°C am geringsten (Abb. 3.2). Die Wärmeversorgung bedingt, dass die Tanne aktuell in dieser Höhenzone nicht mehr vorkommt und daher kann ihr Fehlen auch als Hinweis zur Abgrenzung der mäßig kalten Nadelwaldzone (*Waldgruppe Fs*) von der darunter anschließenden sehr kühlen Nadelwaldzone (*Waldgruppe FT*) verwendet werden.

Der **Jahresniederschlag** in der *Waldgruppe Fs* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1363 mm, entsprechend der in dieser Höhenzone charakteristischen, hohen Niederschlagsmenge.

Dabei schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten, in Fs45c ist der Wert mit 1.749 mm am höchsten, in Fs23rm ist der Wert mit 1.053 mm am geringsten (Abb. 3.2).

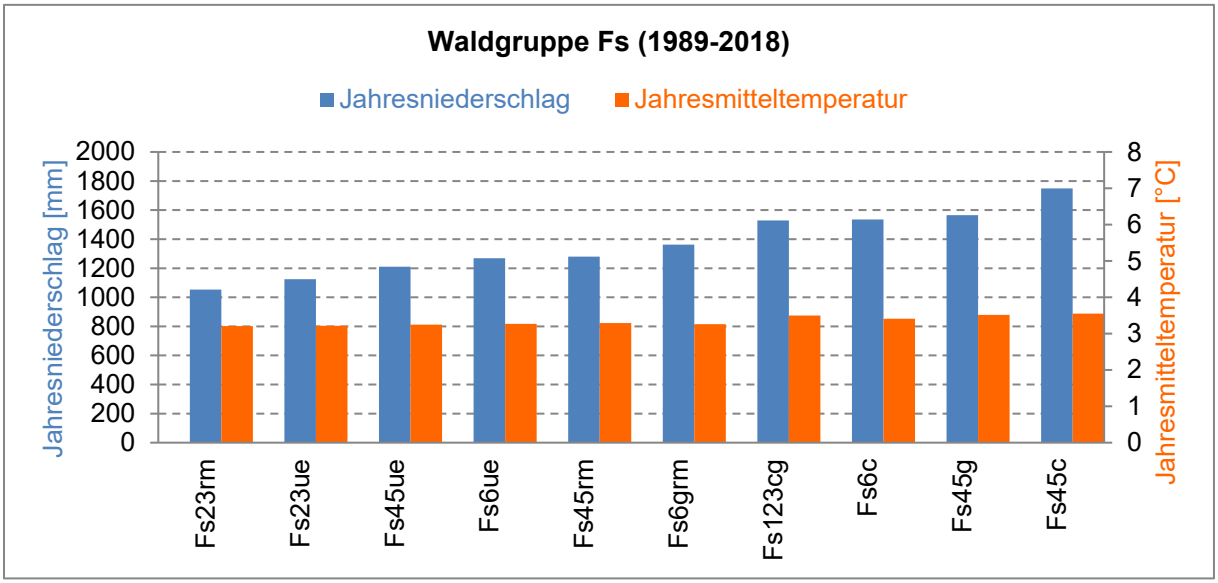


Abbildung 3.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der Waldgruppe Fs für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsklasse* definiert. Jene wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von Niederschlagsbilanz, Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. In der *Waldgruppe Fs* sind die Wasserhaushaltsstufen „trocken“ bis „feucht“ differenziert. Die wichtigste Wasserhaushaltsstufe ist in der *Waldgruppe Fs* in der Steiermark aber die zusammengefasste Stufe „frisch bis sehr frisch“, weil sie am weitesten verbreitet ist (mehr als 98 % der Fläche in der Waldgruppe, siehe Tab. 3.1). Trockene bis mäßig frische Standorte sind von untergeordneter Bedeutung, weil dafür zu viel Niederschlag fällt und von der Waldvegetation zu wenig verdunstet wird.

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die Standortsbedingungen der verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe Fs* angezeigt. Die beste Nährstoffversorgung wird durch die Standortseinheit Fs45rm angezeigt (frische bis sehr frische Standorte auf basenreichen bis basenhaltigen Silikatgesteinen). Die schlechteste Nährstoffversorgung weist die Standortseinheit Fs45c auf (frische bis sehr frische Standorte auf carbonatischen Böden, also auf Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen). Alle vorkommenden Baumarten in der Wald-Vegetations-Zone können die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen. Die Standortsunterschiede bezüglich der

Nährstoffversorgung lassen sich durch die Zeigerarten der Bodenvegetation und die Wuchshöhen der Baumindividuen im Baumholzstadium ablesen.

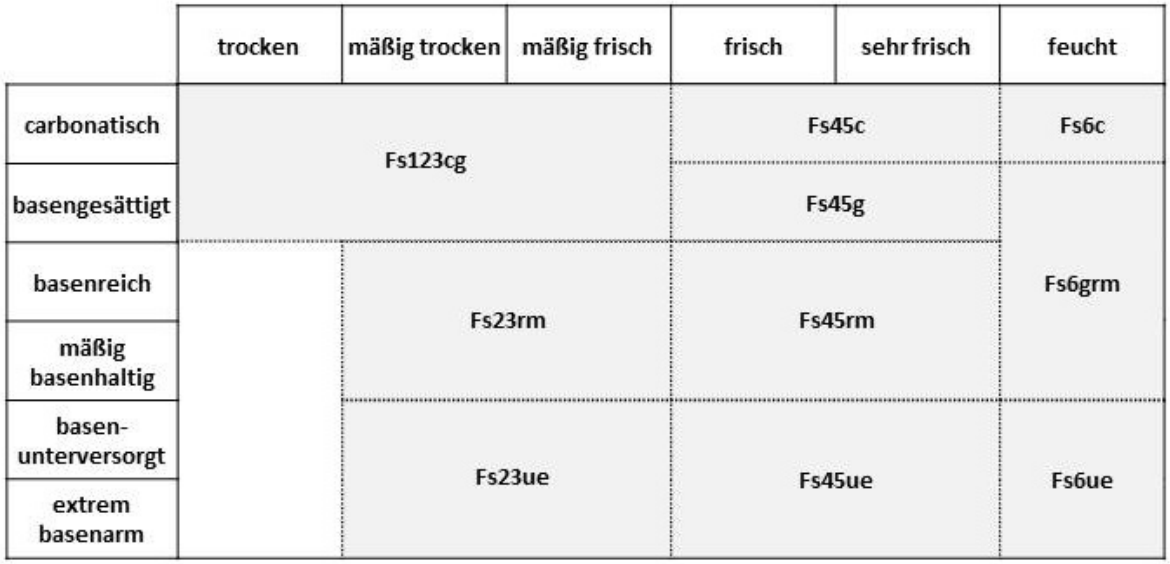


Abbildung 3.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe Fs* – Fichtenwald-Standorte subalpin.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 3.3).

3.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einem annähernden Gleichbleiben der mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandelszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5) zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe Fs* in höhere Lagen der Gebirge (Abb. 3.4 und 3.5). Die Veränderung in Bezug auf die Seehöhe kann dabei zwischen 300-500 m betragen (Abb. 3.6) Damit verbunden wäre eine Flächenabnahme der *Waldgruppe Fs* in allen Gebirgsgruppen der Steiermark, weil oberhalb der heutigen Standorte der *Waldgruppe Fs* vielfach keine waldfähigen Standorte mehr ausgebildet sind (z.B. Felswände in den Nördlichen Kalkalpen der Steiermark). Die Tanne zeigt diese Veränderung an, weil sie in der Klimazukunft in weite Bereiche der heutigen *Waldgruppe Fs* in der mäßig kalten Nadelwaldzone einwandern wird und diese somit langfristig gesehen in die *Waldgruppe FT* (sehr kühle Nadelwaldzone) übergehen wird. Zum Teil werden daher neben Tanne auf den basischen Standorten (Basenklassen „c“ bis „m“) auch die Baumarten Berg-Ahorn und Berg-Ulme in die heutige mäßig kalte Nadelwaldzone einwandern beziehungsweise an Bedeutung gewinnen (Veränderung in die sehr kühle Nadelwaldzone oder in die kühle Nadelwald-Zone). Auf einigen basischen Standorten kann es auch zu einer Veränderung in die *Waldgruppe BFT* kommen (Buchen-Fichten-Tannen-Waldstandorte, kühle Mischwald-Zone), die Buche würde auf diesen Flächen in der Klimazukunft Standortstauglichkeit erlangen. Aktuell ist das Einbringen von Buche dort aber noch mit sehr hohem Risiko (Frost, Spätfrost) verbunden.

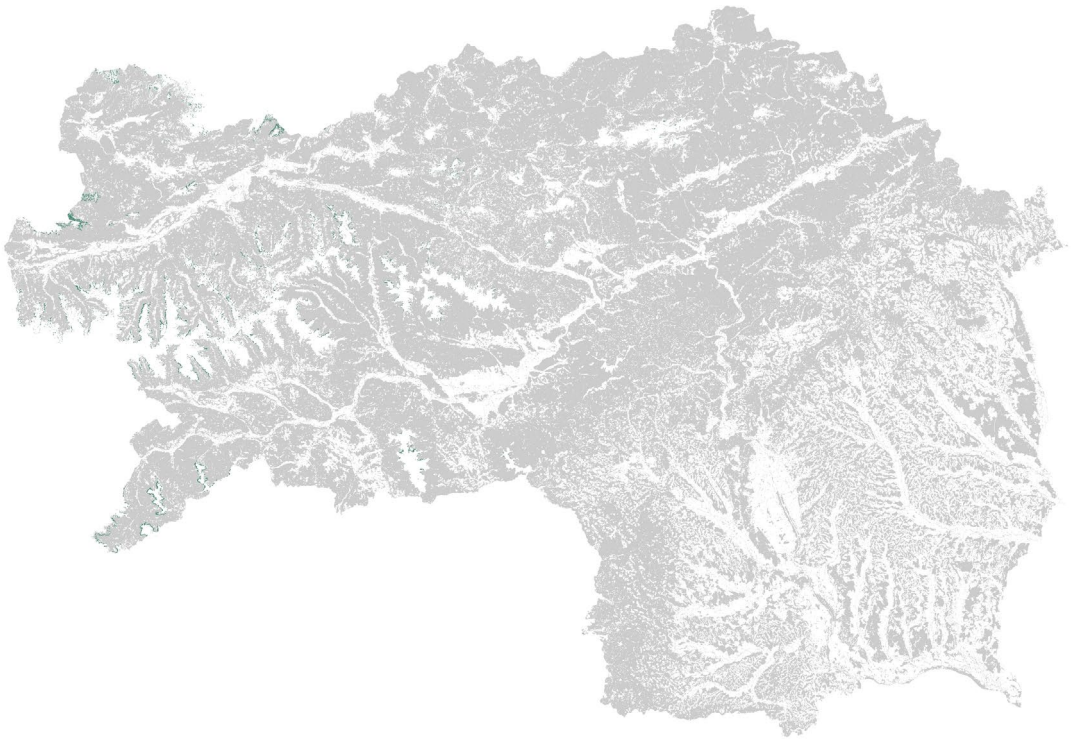


Abbildung 3.4: Verbreitung der *Waldgruppe Fs* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

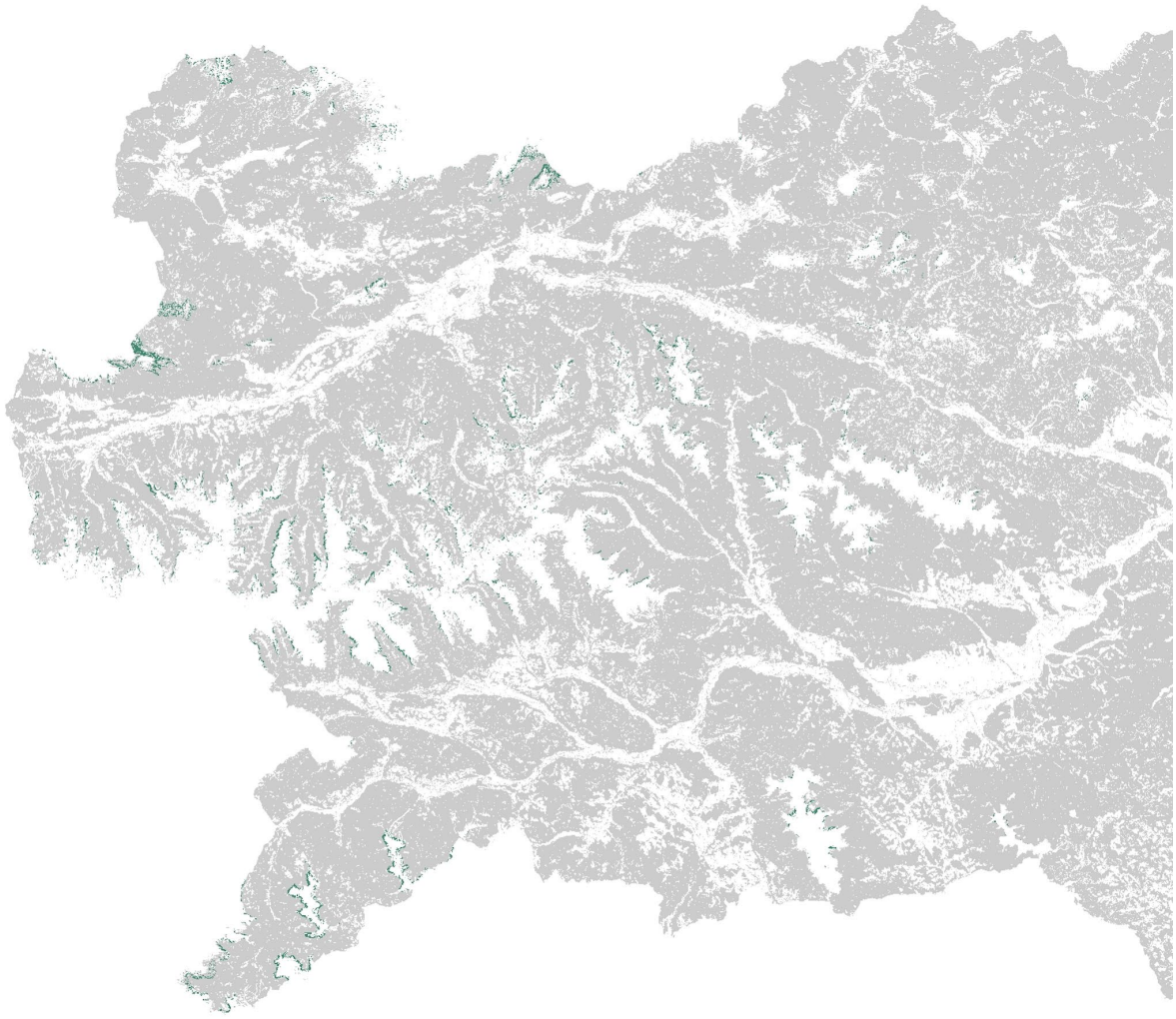


Abbildung 3.5: Zoom in die Verbreitung der *Waldgruppe Fs* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

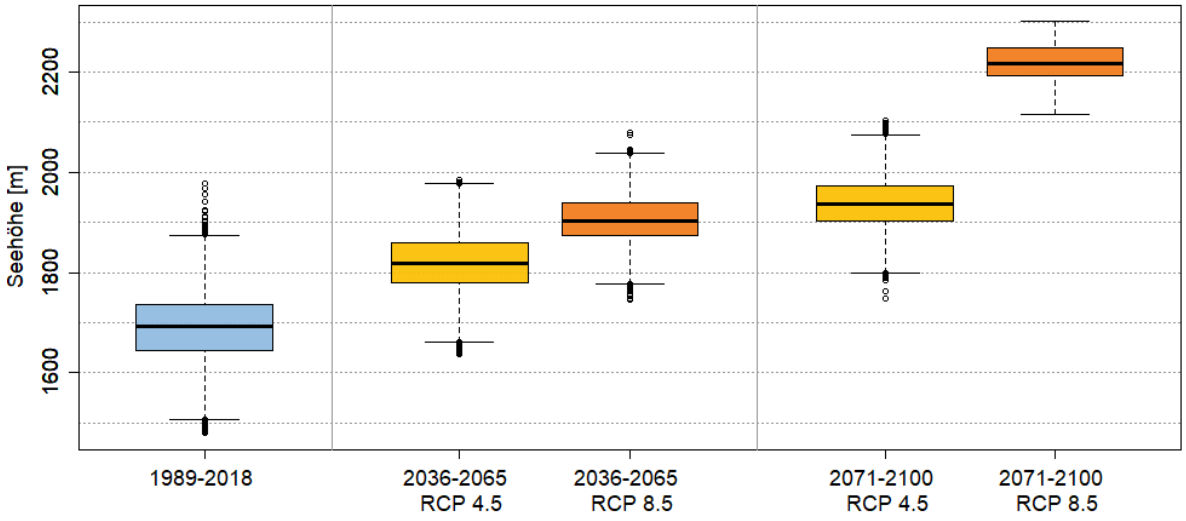


Abbildung 3.6: Höhenverbreitung der *Waldgruppe Fs* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

Ein Anstieg der Jahresmitteltemperatur wird laut Klimaszenarien von aktuell 3,3 °C bis 5,4 °C (bzw. 6,7°C) im Jahr 2085 deutlich sein, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 3.4). Die Veränderung der Jahresmitteltemperatur von aktuell 3,3 °C auf 5,4 °C im Jahr 2085 unter RCP 4.5 würde den Werten der mäßig kühlen Mischwald-Zone (*Waldgruppe FTB*) entsprechen, jene auf 6,7 °C unter RCP 8.5 würde den Werten der mäßig milden Mischwald-Zone (*Waldgruppe BU*) entsprechen (Tab. 3.4).

Tabelle 3.4: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der *Waldgruppe Fs*.

Zeitlinie	**1989 - 2018**	**2085 (RCP 4.5)**	**2085 (RCP 8.5)**
Jahresmitteltemperatur (°C)	3,3 °C	5,4 °C	6,7 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	1363 mm	1462 mm	1358 mm

Fs45c wird die höchste Jahresmitteltemperatur aufweisen (5.6°C bzw. 7°C) und je nach Klimaszenario Fs23ue oder Fs23rm die geringste (5,3°C bzw. 6,2°C). Der Jahresniederschlag wird in Fs45c am größten (1.861 mm bzw. 1.805 mm) und in Fs23rm am kleinsten sein (1.108 mm bzw. 1.114 mm) (Abb. 3.7, 3.8).

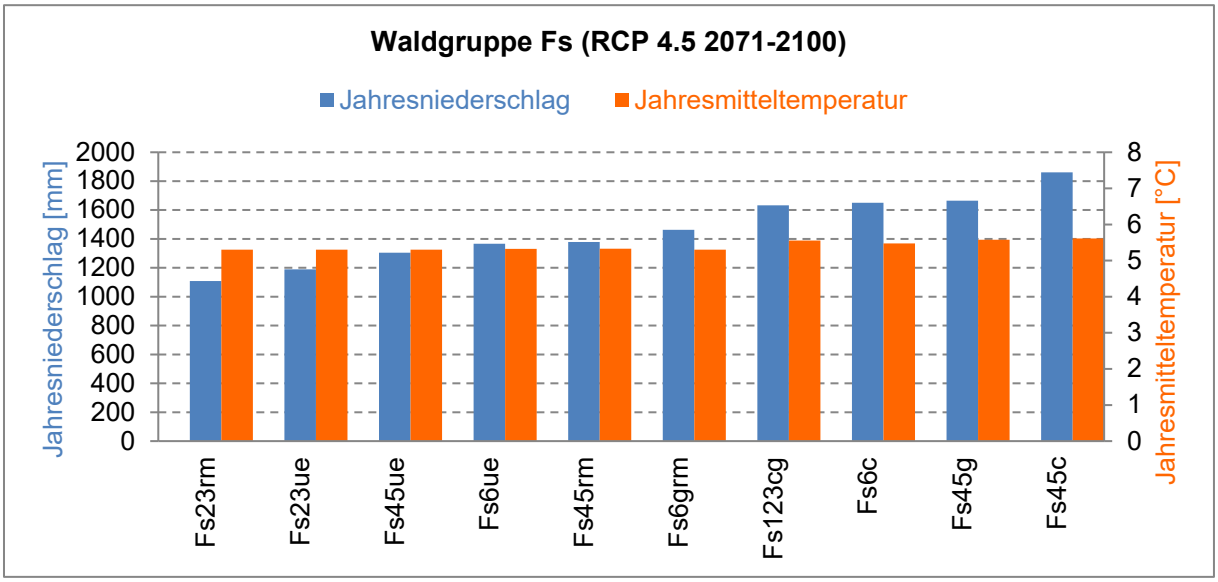


Abbildung 3.7: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe Fs* für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 4.5 für die Steiermark.

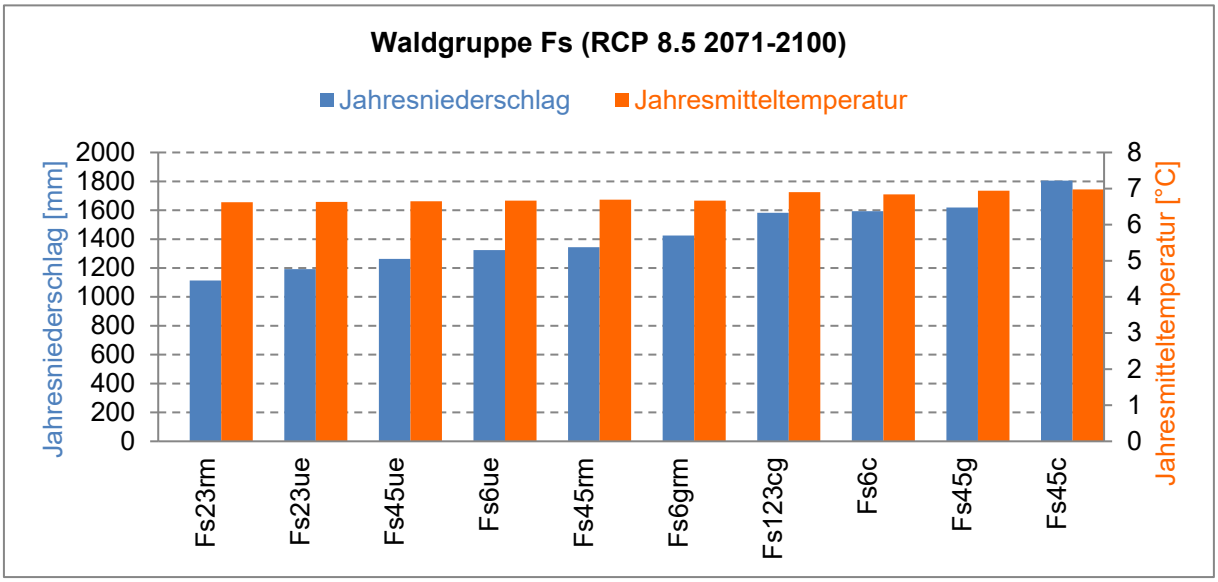


Abbildung 3.8: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe Fs* für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 8.5 für die Steiermark.

3.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf Standorten des Fs123cg, Fs45c und Fs45g kann Vergrasung als Folge von großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf Standorten des Fs45rm können wiederum Farne und Hochstauden in großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Nährstoffarme Standorte (Fs123cg, Fs45c, Fs45ue) können durch großflächige Kahlschläge oder intensive Biomasse-Nutzung degradiert werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoff-Auswaschung oder Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996). Das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde stellt einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte auf diesen Standorten dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe Fs* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt, was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Wald-Vegetations-Zone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden.

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten, welche flachgründige Rendzinen auf Kalken und Dolomiten aufweisen (Fs123cg, Fs45c, Fs6c). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe Fs* aktuell selten, weshalb die Schneebruchgefahr auf diesen Standorten in der Regel als gering eingestuft wird, durch den Klimawandel kann sich das allerdings ändern. Ein Hinweis darauf sind starke Schneefall-Ereignisse der letzten Jahre, beispielsweise im September, wodurch Wipfelbruch auch in der mäßig kalten Nadelwaldzone bei Fichte oder Lärche auftrat. Schneesetzen, -kriechen und -gleiten schädigen die Verjüngung und können sie an bestimmten Standorten zum Absterben bringen, sodass verjüngungsfreie Stellen (z.B. grasreiche Rinnen) entstehen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe Fs* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäule-Bildung). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe Fs* mit großer Häufigkeit in den Kalkalpen der Steiermark auf, allerdings ist Steinschlag-Gefahr auch in den anderen Gebirgsgruppen auf felsigen Steilstandorten gegeben.

Waldbrand: In der *Waldgruppe Fs* ist nur eine geringfügige Waldbrandgefahr gegeben, was vor allem auf die kühleren Temperaturen und höheren Niederschlagsmengen in der Höhenzone zurückzuführen ist. Trotzdem sind während lange andauernden Trockenperioden auf sonnseitigen Standorten mit Moderhumus-Auflagen (Fs123cg, Fs45c) Achtsamkeit und Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um etwaige Brandentwicklungen zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände auch schattseitig und in anderen Waldstandortseinheiten auftreten. Fichtenreinbestände auf Standorten mit großen Moderhumusauflagen weisen das höchste Gefährdungsrisiko auf.

Trockenheit: In der *Waldgruppe Fs* ist das Risiko von Trockenschäden an den Waldbeständen aufgrund der Höhenzone und dem damit verbundenen günstigeren Wasserhaushalt relativ gering. Frosttrocknis kann aber ein entscheidender Faktor sein, da die Vegetationsperiode für ausreichende Verholzung und Knospenbildung oft zu kurz ist, und diese ist besonders in schneearmen Kuppenlagen ausgeprägt. Lange andauernde Hitzeperioden können auch in großen Bestandeslücken mit direkter Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung führen. Trockenperioden können besonders auf den trockenen bis mäßig frischen Standorten (Fs123cg) zu Stress an den dort stockenden Bäumen führen. Grundsätzlich sind aber Karststandorte anfälliger für Trockenstress (somit auch Fs45c und Fs45g). Am stärksten anfällig dafür sind Fichtenreinbestände. Lange andauernde Trockenperioden führen auf allen Waldstandortseinheiten zu einer erhöhten Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016), selbst in der mäßig kalten Nadelwaldzone.

Insekten: Aktuell sind von Fichte dominierte Bestände der *Waldgruppe Fs* vor allem auf karbonatischen Standorten (etwa in den Nördlichen Kalkalpen der Steiermark) durch Borkenkäfer gefährdet (Buchdrucker). Das kann auch als Hinweis auf den Klimawandel interpretiert werden, weil die häufigeren Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß besonders durch erhöhte Temperaturen in höheren Lagen hervorgerufen worden sind (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoring-Maßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind daher auf allen Standorten dieser Waldgruppe, wo Fichten-Bestockung gegeben ist, empfohlen. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*) insbesondere entlang der Mur-Mürzfurche dokumentiert.

Pilzerkrankungen: Für **Fichte** gibt es in der *Waldgruppe Fs* bei gleichzeitigem Auftreten des Almrausches (*Rhododendron ferrugineum* oder *Rhododendron hirsutum*) die Gefahr des Fichten-Nadelrostes (*Chrysomyxa rhododendri*), welcher die Konkurrenzkraft der Fichte reduziert. Das wiederum begünstigt Lärche und Zirbe in ihrer Konkurrenzkraft. Auch der Schwarze Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) kann gerade Jungfichten in ihrer Entwicklung beeinträchtigen.

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch schon ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall bedingt absterben.

Der Befall von **Zirbe** mit Weißem Schneeschimmel (*Phacidium infestans*) erfolgt auf Standorten mit hoher, lange andauernder Schneedecke und allgemein hoher Bodenfeuchte. Die Infektion erfolgt

durch andauernden Bodenkontakt der Zirbenäste infolge von Schneedruck (Ebner und Scherer 2001; Loranger et al. 2016).

In der folgenden Abb. 3.9 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe Fs* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

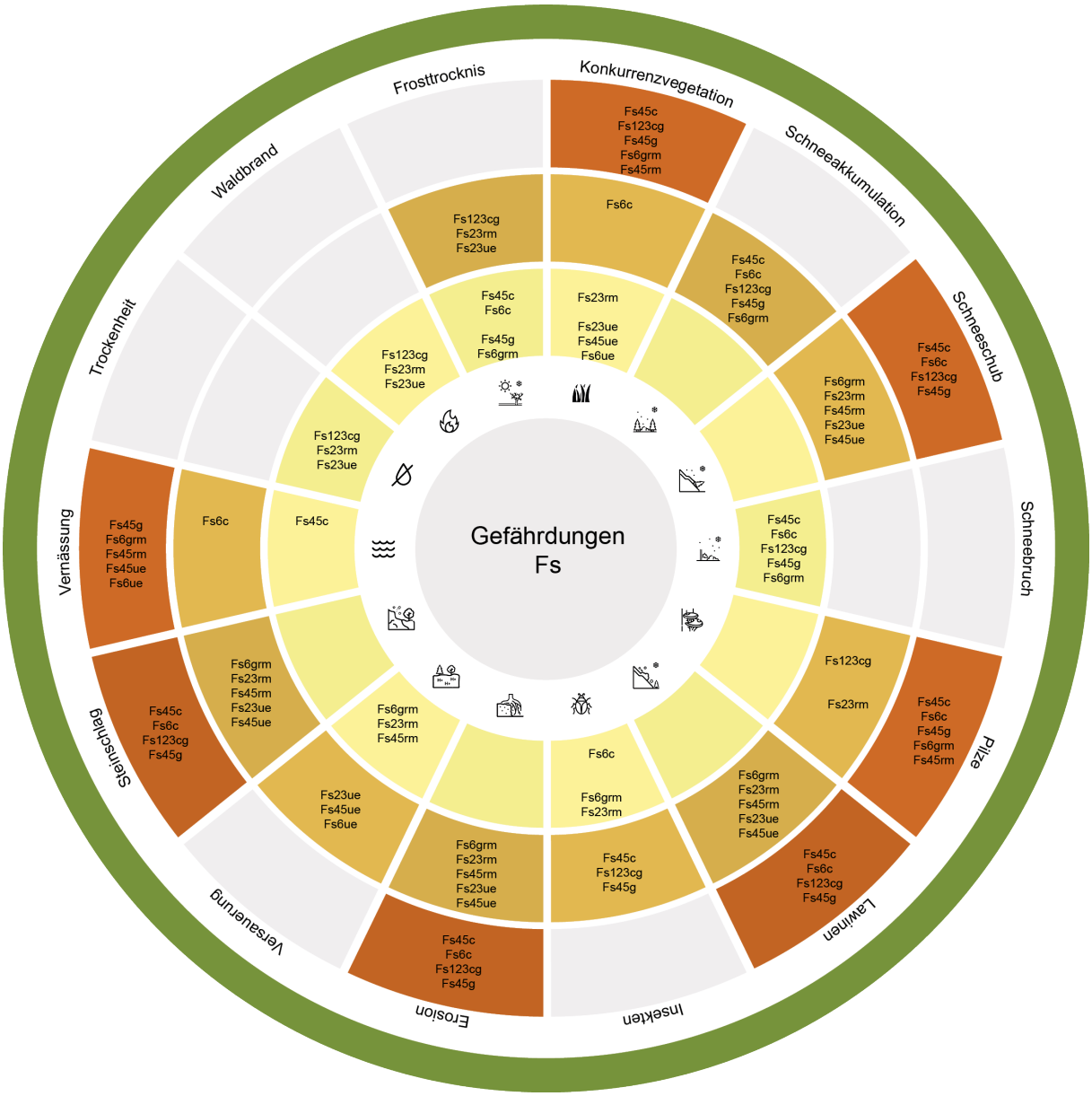


Abbildung 3.9: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf Standorten der *Waldgruppe Fs*.

3.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen steigende Bestandesrisiken und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 3.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe Fs* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe Fs*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe Fs* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe Fs* in der *mäßig kalten Nadelwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der Höhenlage und der Baumartenvielfalt nur eingeschränkt gegeben. Dabei ist in allen Fällen die Ausgangslage zu beachten, da Fichtenreinbestände, Fichten-Lärchen-Waldbestände, Zirben-Fichten-Waldbestände oder Zirben-Lärchen-Fichten-Waldbestände unterschiedliche Anpassungsoptionen ermöglichen. In diesem Abschnitt wird den unterschiedlichen Ausgangslagen Rechnung getragen und die empfohlenen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

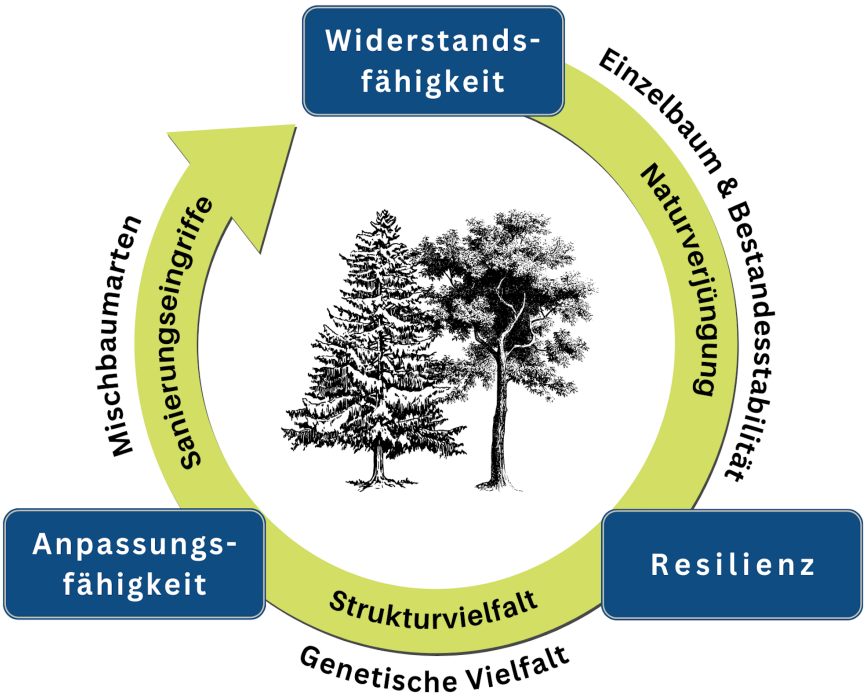


Abbildung 3.10: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

In den heutigen von Nadelbaumarten dominierten Beständen der *Waldgruppe Fs* ist für die Klimazukunft die Tanne einzubringen, um die Waldbestände klimafit zu machen. Das wird in den meisten Fällen vor allem durch Kunstverjüngung erfolgen, da Samenbäume von Tanne kaum vorhanden sind. Dabei ist zu beachten, dass die Tanne aufgrund ihrer Frostgefährdung (Thomas und Sporns 2009) in der *Waldgruppe Fs* aktuell nur unter Schirm eingebracht werden kann, und das vorzugsweise auf wärmebegünstigten (südexponierten, geneigten) und tiefergelegenen Standorten der *Waldgruppe Fs*. Die Dauer der Testphase für das Einbringen von Tanne in der *Waldgruppe Fs* ist heute noch nicht abschätzbar. Auf den basischen Waldstandortseinheiten der Waldgruppe (vor allem Basenklasse „c“ bis „m“, aber auch Basenklasse „u“) werden Berg-Ahorn und Berg-Ulme eine höhere Bedeutung erlangen und können daher auch künstlich eingebracht werden.

3.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen ist zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (z.B. Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppe Fs* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Resilienz zu verbessern. Die ständige Beobachtung von erfolgreichen Verjüngungsansätzen und Verjüngungsfehlstellen liefert daher wichtige Hinweise für die Wahl des Verjüngungseingriffes. Bei der Ableitung der Flächengröße und -ausformung für die Naturverjüngung sind besonders der Licht- und Wärmefaktor zu berücksichtigen. Zu kleine Lücken verursachen Lichtmangel und Pilzschäden durch den „Schneeloch-Effekt“. An Südhängen genügt meist die Entnahme weniger Bäume, an steilen Nordhängen hingegen haben truppweise Lücken mit einer Breite von weniger als einer Baumlänge nur wenig Effekt. Daher sind am Schatthang zur Verjüngungseinleitung bei günstiger Ausformung und Ausrichtung in Bezug auf die Einstrahlung auch entsprechend lange (2 Baumlängen) aber am Sonnhang deutlich schmälere (< ½ Baumlänge) Bestandeslücken in Form von Schlitzen oder Keilen günstig. Dabei sind die Schlitze an die Exposition des Hanges und die vorherrschende Windrichtung anzupassen. Auf Südseiten wird häufig die Wasserversorgung zum Minimumfaktor, Verjüngung kann unter Schirm oder in größeren Lücken aufwachsen (Fs123cg). Dort ist der Traufbereich der Krone verjüngungsfreudig, da Wasserversorgung (Abtropfen der Krone) und Lichtgenuss günstig sind.

Fichte findet optimale Ansamungsbedingungen in Mischvegetation mit lockerer Zwergstrauchschicht, auf Moder oder geringmächtigem Rohhumus und auf leicht bodensauren Wuchsorten. Zusätzlich ist

für den Keimungserfolg die Wasserversorgung während Trockenperioden wichtig und erst im aufgelockerten Bestand bei Halbschatten erfolgt reichliche Ansamung. Auf Standorten, wo Kahlschlagsnutzung durchgeführt wurde, ist Kunstverjüngung die Regel.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe Fs* im Zuge der Naturverjüngung etablieren, auf fleckenweise offen gelegten Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen, etc.) bzw. bei wenig Konkurrenz durch Bodenvegetation keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich, besonders auf schattseitigen Standorten der *Waldgruppe Fs*, immer wieder qualitativ und quantitativ stark. Auch zunehmende Höhenlage und ausgeglichene Bodenfrische begünstigen die Lärche. Die Naturverjüngung spielt für Lärche in dieser Höhenzone demnach eine große Rolle. Beimischung von Lärche mittels Kunstverjüngung wird in der *Waldgruppe Fs* dennoch von Bedeutung sein.

Die Zirbe ist in der *Waldgruppe Fs* aktuell vor allem in den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark verbreitet. Ihre Verbreitung kann forstlich ausgedehnt werden (auch auf die östlichen Gebirgsgruppen), weil sie in der Höhenzone sehr gute Zuwächse erzielen kann und im Klimawandel standortstauglich bleibt. Sowohl Naturverjüngung als auch Kunstverjüngung sind für Zirbe möglich. Für die Neubegründung von Zirben-dominierten Waldbeständen ist auf die Verwendung der Baumarten-spezifischen Mykorrhizen in den Kulturen zu achten. Darüber hinaus muss für Zirbe auf einigen Standorten die Konkurrenz durch die anderen Nadelbaumarten vermindert werden, welche in der Regel ein rascheres Höhenwachstum aufweisen.

Die Mischbaumarten der *Waldgruppe Fs* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens bei waldökologisch tragfähigem Verbissdruck mittels Naturverjüngung etablieren. Berg-Ahorn und Berg-Ulme gedeihen vor allem auf Unterhängen oder auf weiteren basenreicheren Standorten in Einzelmischung, aktuell aber nur in den tieferen Lagen der *Waldgruppe Fs*. Birke ist zumeist auf sonnigen Kahlflächen und Vogelbeere auf allen Standorten zu finden.

In der mäßig kalten Nadelwaldzone ist in der *Waldgruppe Fs* die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist an die spezifischen Wuchsbedingungen der Höhenzone angepasst. Fichte ist in ihren regionalen Anpassungsformen zu vermehren, um im Einflussfeld von großen Schneelasten im Winterhalbjahr zu bestehen. Die sogenannte Platten-Fichte vermindert mittels der spezifischen Geometrie ihrer Äste das Risiko von Schneebruch. Die regionale Anpassungsform Hochlagen-Lärche garantiert ein Überleben in der Höhenzone aufgrund von zeitlich adäquatem Austreiben im Frühjahr.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Auch Wildlingsvermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar. Kunstverjüngungsmaßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut zu achten ist. Auf die regionale Versorgung mit standortsangepasstem Saatgut ist gerade in der *Waldgruppe Fs* großer Wert zu legen.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist auch in der *Waldgruppe Fs* von zentraler Bedeutung für die Widerstandsfähigkeit und Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die Vielfalt an Baumarten, welche in der *Waldgruppe Fs* gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Der Hauptfokus liegt natürlich auf den Nadelbaumarten, wenngleich die vorhandenen Laubbaumarten in Beimischung die Resilienz und Widerstandsfähigkeit der Waldbestände verstärken. Waldbaulich sind Lärchen-Fichten-Mischbestände aufgrund großer bestandesstruktureller Stabilität (Lärche als Herzwurzler) und erhöhter Schutzwirkung erstrebenswert. Durch die Variierung von Flächengröße, Hiebsfortschritt und Verjüngungszeitraum kann das Baumartenverhältnis zwischen Fichte und Lärche entsprechend gesteuert werden. Auch mit Zirbe kann in der *Waldgruppe Fs* waldbaulich gearbeitet werden.

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden. Stammzahlreiche Jungwüchse sind daher schon im beginnenden Dickungsstadium kräftig aufzulockern, um wüchsige und standfeste Bestände mit vitaler Oberschicht zu formen. Um Fichtendickungen oder Stangenhölzer zu stabilisieren und deren Struktur zu verbessern, ist - bei genügend langen Kronen - eine frühe Ausformung von Rotten günstig. Wenn keine genügend langen Kronen als Außenmantel für die Rotten vorhanden sind, dann werden stabile Bäume oder Baumtrupps als zukünftige Stabilitätsträger behutsam freigestellt.

Einzelbaum-und Gruppenstabilität

Fichtenbestände: Die waldbauliche Förderung von stabilen und vitalen Einzelbäumen mit optimalem H/D-Wert (< 0,8) ist anzustreben. Dieses Prinzip ist im Zuge von Durchforstungen oder der Dickungspflege verfolgbar. Bestehende Fichten-Rotten sind als Kollektiv zu belassen (Rotten-Stabilität), um deren stabilisierendes Gefüge zu erhalten. Im Zuge von Jungwuchs- und Dickungspflege-Maßnahmen können bereits Rotten-Strukturen aktiv gestaltet beziehungsweise gefördert werden.

Fichten-Lärchen-Bestände: Zusätzlich zur waldbaulichen Förderung von stabilen und vitalen Einzelbäumen mit optimalem H/D-Wert (< 0,8) ist das angestrebte Mischungsverhältnis zwischen den beiden Baumarten im Jungwuchs- und Dickungsstadium zu regeln. Es sind dabei sowohl Einzelbaummischungen als auch Gruppenmischungen sinnvoll. Bei bestehenden Rotten-Strukturen der Fichte ist es besser, Gruppenmischungen anzustreben, wobei auf ausreichend Lichtgenuss für die Lärchen-Gruppen zu achten ist. Für Einzelbaummischungen ist eine Vorwüchsigkeit von Lärche unbedingt notwendig, damit sie zum einen nicht von der Fichte verdrängt wird und zum anderen, um den angestrebten H/D-Wert für beide Baumarten erzielen zu können.

Lärchen-Bestände: Auf sehr steilen Sonderstandorten, die durch hohe Schneelagen und folglich sehr frische Standortsbedingungen gekennzeichnet sind, etablieren sich aufgrund des Prozesses des Schneekriechens oft Waldbestände mit dominanter Lärche. Diese Schutzwald-Bestände dürften nur in den seltensten Fällen waldbauliche Maßnahmen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit erfordern. Stabile Lärchen-Individuen mit adäquaten H/D-Werten sind jeweils zu fördern. Es ist darauf zu achten,

dass Säbelwuchs der Lärche eine natürliche Reaktion auf die Standortsbedingungen ist und folglich keinen Grund für die Entfernung von Lärchen-Individuen darstellt.

Die Zirbe tritt aktuell in einigen Waldbeständen der *Waldgruppe Fs* dominant auf und stellt eine alternative Bestockungsmöglichkeit dar. Es sind in der Waldgruppe sowohl **Zirben-Fichten-Bestände** als auch **Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände** aktuell verbreitet. In Zirben-Lärchen-Fichten-Beständen ist zumeist Vogelbeere als weitere Mischbaumart vorhanden. Alle Zirben-dominierten Waldbestände sind auch in der Klimazukunft als stabil zu erachten, wenngleich Tanne und Berg-Ahorn eine größere Rolle spielen werden können. Zirbenreiche Waldbestände können auf Standorten der *Waldgruppe Fs* auch vollständig neu begründet werden. Immer ist dabei auf ausreichend Lichtgenuss beziehungsweise Raum für eine günstige Kronenentwicklung von Zirbe zu achten, um den angestrebten H/D-Wert sowohl für Zirbe als auch für alle anderen vorhandenen Baumarten sicherstellen zu können. Grundsätzlich ist die Gestaltung von möglichst stabilen Waldbeständen in der *Waldgruppe Fs* eine wichtige Aufgabe in Hinblick auf den Klimawandel und die Erhaltung der Schutzfunktion: geringe H/D-Werte, ausgeprägte Rottenstruktur und möglichst vitale und stabile Baumindividuen sind primäres waldbauliches Ziel (Bebi und Kulakovski 1999; Hlasny et al. 2011; Koeck, Hochbichler und Vacik 2018).

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Bei Befall von **Fichte** mit dem Fichten-Nadelrost (*Chrysomyxa rhododendri)* gibt es keine Vermeidungsmöglichkeiten. Der Pilz verursacht in der Regel nicht den Tod der befallenen Bäume, allerdings können Fichten im Jungwuchs-Stadium einen entscheidenden Nachteil im Wachstum gegenüber Lärche erfahren. Deshalb ist auf Standorten, wo der Zwergstrauch Almrausch (*Rhododendron ferrugineum* oder *Rhododendron hirsutum*) gegenwärtig ist, zu erwägen, vor allem Lärche oder auch Zirbe zu fördern. Gegen den Schwarzen Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) kann nur insofern vorgegangen werden, als dass Jungfichten systematisch von unmittelbarer Begleitvegetation freigeschnitten werden können und bereits bei der Pflanzung feucht-kalte Standorte (Schneetälchen) gemieden werden sollten.

Borkenkäfer sind in der jüngsten Vergangenheit auch in der *Waldgruppe Fs* aufgetreten. Deshalb ist auch hier Augenmerk auf etwaige Borkenkäferkalamitäten zu legen. Die üblichen Vermeidungsmaßnahmen sind zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen, um die Entwicklung der Schädlinge zu beobachten. Gemischte Nadelwaldbestände sind auch in der *Waldgruppe Fs* von entscheidendem Vorteil, daher ist die Beimischung von Lärche oder Zirbe zu forcieren. Auch die Beimischung von Vogelbeere, und auf bevorzugten, tiefer gelegenen Standorte der Höhenzone auch von Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Birke, ist zu fördern.

Die **Lärche** ist durch die genannten Pilzerreger (Kap. 3.3) in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können dennoch dadurch absterben. Weder die Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche können vermieden werden.

Der Befall von **Zirbe** mit Schneeschimmel kann vor allem durch eine geeignete Standortswahl bei Aufforstungen vermieden werden. Anstatt schneereicher Mulden sollen kleinräumige Rücken oder Erhebungen zur Bepflanzung gewählt werden. Eine Beobachtung von günstigen Kleinstandorten bietet sich dabei bei der Ausaperung im Frühjahr an. Schneereiche Winter können allerdings die Entwicklung von Schneeschimmel trotz vorbeugender Maßnahmen ermöglichen. Die Infektion erfolgt nämlich durch andauernden Bodenkontakt der Zirbenäste infolge von Schneedruck (Ebner und Scherer 2001).

3.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe Fs* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels nicht so stark gegeben wie in den darunterliegenden Waldgruppen, dennoch sind auch auf diesen Standorten Veränderungen zu erwarten. Reine Fichten-Bestände sind in der Klimazukunft unter den veränderten Rahmenbedingungen einem erhöhten Risiko von Borkenkäferbefall ausgesetzt. Um die optimale Anpassungsfähigkeit der Waldökosysteme im Klimawandel sicherzustellen, ist in der Höhenzone aktuell vor allem auf die Erzielung von stabilen und möglichst gemischten Waldbeständen zu achten. Bereiche der heutigen *Waldgruppe Fs* werden aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges in die *Waldgruppe FT* – Fichten-Tannenwald-Standorte (sehr kühle Nadelwaldzone) oder in die *Waldgruppe BFT* – Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte (kühle Mischwaldzone) verändert werden. Das bedingt, dass die Tanne in der Klimazukunft auf den heutigen Örtlichkeiten der *Waldgruppe Fs* sich erstmals etablieren wird können. Zum geringeren Teil wird auf basenreichen Substraten auch Buche Standortstauglichkeit erlangen. Weil dieser Prozess zu lange andauern würde, ist für Tanne (und teilweise mit Vorbehalt auch für Buche) ein künstliches Einbringen empfohlen, wobei diese Maßnahmen (u.a. Unterbau, Voranbau) immer vorsichtig zu tätigen sind (Frostgefahr).

Auf den ausgewiesenen Standorten der heutigen *Waldgruppe Fs*, wo eine Veränderung in Richtung der *Waldgruppen FT* oder *BFT* zu erwarten ist, kann aktuell nur ein punktuelles Einbringen von Tanne und Berg-Ahorn empfohlen werden. Der Grund für die Vorsicht sind die heute noch wirksamen Temperaturverhältnisse in der Höhenlage (Frost, Spätfrost, Schneelagen), welche für eine Etablierung der erwähnten Baumarten erschwerend wirken. In tieferen Lagen der *Waldgruppe Fs*, wo Veränderungen hinsichtlich der *Waldgruppen FT* oder *BFT* zu erwarten sind, können vereinzelt Individuen von Tanne und Berg-Ahorn unter Schirm eingebracht werden (Schutz vor zu starker Ausstrahlungs-Abkühlung). Dabei ist zu beobachten, ob die heute wirksame Frosteinwirkung eine Etablierung dieser Baumarten schon zulässt. Für Buche wird empfohlen, noch mit einem künstlichen Einbringen abzuwarten, weil für sie die Frostgefährdung aktuell noch zu groß ist.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche für die ausgewählten Standorte Baumarten mit hohen Eignungswerten in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppe Fs* muss dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumarten-Kombinationen in Nadelmischwaldbeständen auch in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren, während reine Fichtenbestände durchaus von Borkenkäfer-Kalamitäten limitiert werden können. Da in den tiefergelegenen Bereichen der *Waldgruppe Fs* Tanne oder Buche in der Klimazukunft Tauglichkeit erlangen, kommt daher Mischungstypen der sehr kühlen Nadelwald-Zone und kühlen Nadelwald-Zone (FT) oder der kühlen Mischwald-Zone (BFT) mehr Bedeutung zu. Im Folgenden werden klimafitte Alternativen differenziert beschrieben (siehe auch Tab. 3.5).

Fi - Lä - Vb

In den Gebirgsgruppen der Steiermark ist die Mischung von Fichte und Lärche in der *Waldgruppe Fs* weit verbreitet. Vor allem auf schattseitigen und frischen Standorten erzielt die Lärche oftmals hohe

Mischungsanteile und erlaubt gemeinsam mit Fichte die Ausbildung klimafitter Nadelwaldmischbestände, und das auch in der Zukunft. In jedem Fall ist die Mischung von Fichte und Lärche resilienter als Fichtenreinbestände. Die Vogelbeere stellt im Klimawandel eine wesentliche Mischbaumart dar.

Fi - Vb

Auf vielen Standorten der Gebirgsgruppen der Steiermark dominiert in der *Waldgruppe Fs* aktuell die Fichte. Die oftmals durch Rotten-Strukturen gekennzeichneten Waldbestände werden aufgrund ihrer Lage in den oberen Bereichen der Höhenzone auch in der Zukunft große Bedeutung haben. Die Vogelbeere stellt besonders im Klimawandel eine wesentliche Mischbaumart dar.

Zi - Fi - Vb

Auf zahlreichen Standorten der *Waldgruppe Fs* in den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark sind von Zirbe dominierte Waldbestände mit Fichte ausgebildet. Die Mischung der Nadelbaumarten ist auch in der Zukunft als klimafit zu bezeichnen. Durch die Präsenz der beiden Nadelbaumarten sind die Waldbestände im Klimawandel resilienter, die Vogelbeere ist dabei eine wesentliche Mischbaumart.

Zi - Lä - Fi - Vb

Die Mischung von Zirbe, Lärche, Fichte und Vogelbeere ist in den westlichen Gebirgsgruppen der Steiermark in der *Waldgruppe Fs* verbreitet. Die Mischung aus den drei Nadelbaumarten mit der Vogelbeere ist im Klimawandel als besonders resilient zu bezeichnen, weshalb sie auch auf bisher von reiner Fichte bestockten Waldstandorten der *Waldgruppe Fs* (also auch in den östlichen Gebirgsgruppen der Steiermark) als Alternative empfohlen werden kann.

Fi - Lä - Vb (- Ta - BAh) (Standorte mit Basenklassen von „c“ bis „m“)

Die Mischung von Fichte, Lärche und Tanne wird aufgrund der Klimaerwärmung vor allem auf den tiefer gelegenen Standorten der heutigen *Waldgruppe Fs* in die zukünftigen *Waldgruppen FT* oder *BFT* überleiten. Die Tanne kann als Stabilitätsträger einen wichtigen Beitrag zur Erschließung des Bodens leisten und durch ihre Schattentoleranz auch die waldbaulichen Möglichkeiten zur Behandlung der Bestände erweitern. Zur Etablierung von Tanne in den Fichten-Lärchen-Mischbeständen ist Pflanzung notwendig. Diese sollte vorerst nur vereinzelt unter Schirm von Lärche oder Fichte stattfinden, um Frostschäden vorzubeugen. Vogelbeere und Berg-Ahorn bereichern die Baumartenvielfalt und erhöhen damit die Resilienz der Waldbestände.

Fi (- Ta - BAh) (Standorte mit Basenklassen von „c“ bis „m“)

Die Überleitung der standörtlichen Rahmenbedingungen von der mäßig kalten Nadelwaldzone in die sehr kühle Nadelwaldzone (von *Waldgruppe Fs* in die *Waldgruppe FT*) bedingt in der Klimazukunft die Einwanderung der Tanne in die aktuell Fichten-dominierten Waldbestände. Dieser Prozess muss allerdings waldbaulich unterstützt werden. Die Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel wird durch die gemeinsame Präsenz von Fichte und Tanne verbessert, da die Baumartenvielfalt erhöht wird. Aktuell sind aufgrund der noch wirksamen Witterungsbedingungen vorerst nur vereinzelt Pflanzungen von Tanne und Berg-Ahorn unter Schirm empfohlen (Frostgefahr).

Zi - Lä - Fi - Vb (- Ta)

Die Mischung von Zirbe, Lärche, Fichte und Tanne mit beigemischter Vogelbeere wird aufgrund der Klimaerwärmung vor allem auf den tiefer gelegenen Standorten der heutigen *Waldgruppe Fs* in die zukünftigen *Waldgruppen FT* oder *BFT* überleiten. Die Tanne kann als Stabilitätsträger einen wichtigen Beitrag zur Erschließung des Bodens leisten und durch ihre Schattentoleranz auch die waldbaulichen Möglichkeiten zur Behandlung der Bestände erweitern. Zur Etablierung von Tanne in den Zirben-Lärchen-Fichten-Mischbeständen ist Pflanzung notwendig. Diese sollte vorerst nur unter Schirm von Zirbe, Lärche oder Fichte stattfinden, um Frostschäden vorzubeugen.

Lä - Vb

Die Mischung von Lärche (dominant) und Vogelbeere (sporadisch beigemischt) ist auf den Standorten, wo eigentlich die Waldgruppe LA ausgewiesen sein sollte, die beste klimafitte Alternative. Lärche ist aufgrund ihres oftmaligen Säbelwuchses auf diesen Standorten die einzige Baumart, die bestandesbildend sein kann (Schneekriechen, Schneedruck).

Tabelle 3.5: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe Fs* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedlicher zukünftiger Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	Standortsbedingungen im Jahr 2085	Klimafitter Mischungstyp*
höhergelegene Standorte der Waldgruppe Fs	Fs, FT	Fi - Lä - Vb
	Fs, FT	Fi - Vb
	Fs, FT	Zi - Fi - Vb
	Fs, FT	Zi - Lä - Fi - Vb
Waldgruppe LA	LA, Fs	Lä - Vb
tiefergelegene Standorte der Waldgruppe Fs	FT, BFT	Fi - Lä - Vb (- Ta - BAh)
	FT, BFT	Fi (- Ta - BAh)
	FT, BFT	Zi - Lä - Fi - Vb (- Ta)

* sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

Dringlichkeit der Maßnahmen

In der *Waldgruppe Fs* ist die aktuelle Bestockung der Waldstandorte in der Regel standortstauglich, das heißt es gibt aktuell zumeist keine unmittelbare Notwendigkeit zur Anpassung der Baumarten-Diversität. Die Dringlichkeit ist als relativ gering einzustufen. Trotzdem ist für die Klimazukunft die Etablierung der neuen Baumarten Tanne und Berg-Ahorn auf den ausgewiesenen Standorten vorzubereiten, Buche wird erst später forcierbar sein.

3.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe Fs* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe FT* vorherrschen, es also auf den betreffenden Standorten zu einer Veränderung von der mäßig kalten Nadelwaldzone in die sehr kühle Nadelwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand angenommen, und darüber hinaus wurden für alle diese Optionen die Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert. Dabei wurden jeweils zwei Waldbaukonzepte für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse in den Tab. 3.6, 3.7 und 3.8 dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwaldcharakter beschrieben. Es ist hervorzuheben, dass in allen Varianten vorhandene Mischbaumarten (u.a. Vogelbeere, Berg-Ahorn, Berg-Ulme) zu fördern und im Waldbestand zu erhalten sind. Das Vorkommen der Straucharten sei hier ebenfalls angeführt (Latsche, Grün-Erle, Großblatt-Weide, Zwergstrauch-Weidenarten).

Für die erste dieser Behandlungsvarianten (Tab. 3.6) wurde unterstellt, dass die Standorte in höheren Lagen der *Waldgruppe Fs* liegen, wo aktuell aufgrund von Frosteinwirkung keine Tannen-Etablierung möglich ist. Die Ausgangslage ist ein Fichten-Lärchen-Bestand (50 % Fichte, 50 % Lärche, einschichtiger Bestand, Fichte in Rotten-Struktur), das Ziel ist die Erhaltung dieses Baumarten-Mischungsverhältnisses. Die Empfehlungen werden in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse gegeben. Die erste gezeigte Option verfolgt die Erzielung von Stufigkeit und Ungleichaltrigkeit mittels gruppenförmigen Entnahmen, während die zweite Option die Beibehaltung der Einschichtigkeit mittels Saumschlägen garantiert. Darüber hinaus wurde eine Option zur Erzielung eines Dauerwald-Systems ausgeführt.

Für die in Tab. 3.7 dargestellten Behandlungsvarianten wurde als Ausgangszustand ein einschichtiger Fichtenreinbestand gewählt (100 % Fichte, einschichtig, rottenförmiger Aufbau), dessen Lage beispielhaft in tiefergelegenen Bereichen der *Waldgruppe Fs* zu sehen ist, wo bereits aktuell mit dem Anbau von Tanne (unter Schirm) begonnen werden kann. Die erste Option umfasst die Erzielung von Stufigkeit und Ungleichaltrigkeit mittels gruppenweisen Entnahmen, während die zweite Option die Beibehaltung der einschichtigen Bestandesstruktur mittels Saumschlägen verfolgt. Für beide Optionen wird der Anbau von Tanne unter Schirm empfohlen. Die Dauerwald-Option verfolgt die Erzielung von gestuften, rottenförmigen Beständen mit Tanne.

In Tab. 3.8 wurde als Ausgangszustand ein stufiger Bestand aus 60 % Lärche und 40 % Fichte unterstellt, als Ziel ist die Überführung in einen Zirben-Lärchen-Fichten-Bestand definiert, und zwar mittels gruppenförmigen Hieben oder mittels Saumschlägen. Die Dauerwald-Option verfolgt ebenfalls eine Mischung von Zirbe, Lärche und Fichte mit rotten- und gruppenförmigem, ungleichaltrigem Aufbau.

Tabelle 3.6: Behandlungsoptionen zur Erhaltung zweier klimafitter Mischungstypen in Lärchen-Fichten-Beständen der *Waldgruppe Fs.*

<table>
<tr><th colspan="2">Fs – Behandlungsoptionen für Lärchen-Fichten-Bestände</th></tr>
<tr><td>Überführung in gestufte Lä-Fi-Bestände durch Entnahme von Rotten</td><td>Beibehaltung der einschichtigen Lä-Fi-Bestände durch Saumschläge</td></tr>
<tr><td>Gestaltung von gestuften Beständen, Beibehaltung der aktuellen Mischung:
Etablierung von Mehrschichtigkeit in den Fichten-Lärchen-Beständen
Ziel: Gestufte Bestände, Lärche 50%, Fichte 50%
U = 120-150 Jahre, Natur- und Kunstverjüngung.</td><td>Nachhaltige Sicherung des Mischungsverhältnisses, Erhaltung des einschichtigen Bestandesaufbaus:
Ziel: Lärche 50%, Fichte 50%
U = 120-150 Jahre, Kunstverjüngung.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Jungwuchs</td></tr>
<tr><td>Mischungsregulierung und Pflanzung:
Zur Erzielung der Baumartenmischung werden Mischungsregulierung bei Naturverjüngung und Pflanzung (bei Bedarf) angewandt. Hierbei sind günstige Kleinstandorte (u.a. Kuppen, Stockachseln, erhöhte Standorte) zu nützen, um Schnee-akkumulation zu vermeiden.</td><td>Mischungsregulierung und eventuell Nachbesserung (Pflanzung), um das Bestockungsziel zu erreichen.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dickung</td></tr>
<tr><td>Mischungsregulierung und Pflanzung:
Zur Erzielung der Baumartenmischung werden Mischungsregulierung und Nachbesserung durch-geführt. Ggf. können bei wenig strukturierten Beständen einzelne Gruppen schon früh ausgebildet werden, durch Entnahme bzw. Köpfen einzelner Individuen.</td><td>Mischungsregulierung und Pflanzung:
Erzielung des angestrebten Mischungsverhältnisses durch Mischungsregulierung, wenn notwendig Nachbesserung (Pflanzung) zur Erzielung von
50 % Lä und 50 % Fi.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Stangenholz</td></tr>
<tr><td>In bestehenden Rotten kann durch eine negative Auslese von Individuen (u.a. Peitscher, Protzen) die Stabilität der Rotten gefördert werden. Stabile, langkronige Individuen sollen dabei den Trauf bilden, die Rotten sind als Einheit zu betrachten und nicht aufzulösen.</td><td>In bestehenden Fi-Lä-Stangenhölzern werden besonders stabile und gut ausgeformte Individuen gefördert. Im Zuge der Auslesedurchforstung erfolgt die Z-Baumauswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Lä und Fi. Dabei sind stabile Fi-Rotten als integrale Einheiten bestehen zu lassen.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Baumholz</td></tr>
<tr><td>Entnahme von Fi in Rotten, von Lä in Gruppen mittels mehrfachen Hieben, zeitlich gestaffelt, um die angestrebte mehrschichtige Struktur zu erzielen. In den kleineren Lücken kann sich Fi-Naturverjüngung etablieren, große Lücken eignen sich für Lä. Wenn notwendig kann mit Ergänzungspflanzungen die Baumartenmischung erzielt werden, unter Beachtung des Bestockungsziels und der Gruppenmischung.</td><td>In hiebsreifen Beständen werden Fi und Lä mittels Saumschlägen mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung verjüngt; Wenn die Etablierung von Fi und Lä aus Naturverjüngung nicht ausreichend ist, erfolgt eine Nachbesserung durch Pflanzung nach Schlagruhe in Gruppenmischung (50 % Lä, 50 % Fi).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dauerwald – Konzept</td></tr>
<tr><td colspan="2">Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Lä-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Lä und Fi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch eine negative Auslese von Individuen in bestehenden Rotten kann die Strukturierung und Stabilität der Rotten gefördert werden. Die Entnahme ganzer Rotten erlaubt die Etablierung der Halbschattbaumart Fi in der Naturverjüngung und eine vertikale Strukturierung der Bestände. Lä muss als Lichtbaumart mit Lochhieben (1-2 Baumlängen Durchmesser) verjüngt werden. Durch zeitlich und räumlich unterschiedliches Eingreifen in den Beständen ergibt sich eine unregelmäßige Textur mit Dauerwaldcharakter. Langfristig etablieren sich beide Baumarten in Rottenmischung für Fi und in Gruppenmischung für Lä. Zeitraum > 100 Jahre.</td></tr>
</table>

Tabelle 3.7: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichtenreinbeständen in den klimafitten Mischungstyp Fichte-(Tanne) in der *Waldgruppe Fs*.

Fs – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **stufige Fichten-Bestände** mit Tanne	Strukturierung der **einschichtigen Fichten-Bestände** mittels **Saumschlag**, Ergänzung mit Tanne
Erhaltung der Rottenstruktur, Etablierung von Stufigkeit, Förderung der Einwanderung der Tanne: **Ziel:** Stufige, ungleichaltrige Fichten-Bestände mit Rottenstruktur, beginnende Etablierung der Tanne unter Schirm; Fichte 100 %, U = 120-150 Jahre	**Erhaltung der einschichtigen Fichten-Bestände, Ergänzung mit Tanne:** **Ziel:** Fichtenbestände mit Rottenstruktur, Natur- und Kunstverjüngung von Fichte (100%); Ergänzung von Tanne unter Schirm; Fichte 100 %, U = 120-150 Jahre
Jungwuchs	
Bei Bedarf Ergänzungspflanzung von Fi in Gruppen, Ta unter Schirm etablieren (dabei Gunststandorte nutzen, Erfolg kontrollieren).	Bei Bedarf Ergänzungspflanzung von Fi in Gruppen, Ta unter Schirm etablieren (dabei Gunststandorte nutzen, Erfolg kontrollieren).
Dickung	
Frühe Ausformung von Fi-Dickungen im Hinblick auf Rottenstrukturen: Einzelne Gruppen können durch Entnahme bzw. das Köpfen einzelner Individuen ausgeformt werden. Dabei sind wenig vitale Fi an den Rändern der Gruppen auszuwählen	**Frühe Ausformung von Fi-Dickungen im Hinblick auf Rottenstrukturen:** Einzelne Gruppen können durch Entnahme bzw. das Köpfen einzelner Individuen ausgeformt werden. Dabei sind wenig vitale Fi an den Rändern der Gruppen auszuwählen
Stangenholz	
In bestehenden Rotten kann durch eine negative Auslese von Individuen (u.a. Peitscher, Protzen) **die Stabilität der Rotten gefördert werden.** Stabile, langkronige Individuen sollen dabei den Trauf bilden, die Rotten sind als Einheit zu betrachten und nicht aufzulösen.	**In bestehenden Fi-Stangenhölzern** werden besonders **stabile und gut ausgeformte Individuen gefördert.** Im Zuge der Auslesedurchforstung erfolgt die Z-Baum-auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi. Dabei sind stabile Fi-Rotten als integrale Einheiten bestehen zu lassen. **In bestehenden Rotten kann eine negative Auslese von Individuen erfolgen.**
Baumholz	
Entnahme von ganzen Fi-Rotten in hiebsreifen Beständen: Naturverjüngung von Fi in entstehenden Lücken; durch kleinräumige Gruppenentnahmen wird ein stufiger Waldaufbau initialisiert; wenn notwendig Ergänzungspflanzung von Fi in Rotten; vereinzelt Unterbau von Ta unter den Schirm von Fi.	**In hiebsreifen Beständen wird Fi mittels Saumschlägen** mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung **verjüngt;** wenn die Etablierung von Fi aus Naturverjüngung nicht ausreichend ist, dann erfolgt eine Nachbesserung durch Pflanzung in Gruppen nach Schlagruhe. Vereinzelt Unterbau von Ta am Innensaum der Bestände.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Fi und Ta überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch eine negative Auslese von Individuen (u.a. Instabile, Peitscher, Protzen) in bestehenden Rotten kann die Strukturierung und Stabilität der Rotten gefördert werden. Die Entnahme ganzer Rotten erlaubt in weiterer Folge die Etablierung der Halbschattbaumart Fi. Die Schattbaumart Ta kann unter Schirm verjüngt werden. Durch das zeitlich und räumlich unterschiedliche Eingreifen in den Beständen ergibt sich eine vertikale Strukturierung der Bestände und eine unregelmäßige Textur mit Dauerwaldcharakter. Langfristig muss besonders darauf geachtet werden, dass die Rottenstruktur bestehen bleibt und das Dauerwald-System mit Fi und Ta erhalten werden kann. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 3.8: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichten-Lärchen-Beständen in klimafitte Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände.

Fs – Anpassungsoptionen für Lärchen-Fichten-Bestände	
Überführung in **stufige Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände**	Überführung in **Fichten-Lärchen-Zirben-Bestände mit Rottenstruktur**
Etablierung von ungleichaltrigen Zirben-Lärchen-Fichten-Beständen mittels Gruppenentnahmen und Zirben-Pflanzung: **Ziel:** Stufige Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände mit Rottenstruktur: Zirbe 60 %, Lärche 20 %, Fichte 20 %; U = 120-150 Jahre	**Überführung der einschichtigen Fichten-Lärchen-Bestände in Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände:** **Ziel:** Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände mit Rottenstruktur; Fichte 40 %; Zirbe 30 %, Lärche 30 %; U = 120-150 Jahre
Jungwuchs	
Mischungsregulierung und Pflanzung: Zur Erzielung der Baumartenmischung werden die Maßnahmen Mischungsregulierung bei Naturverjüngung und Pflanzung (vor allem von Zi, bei Bedarf auch andere) angewandt. Eventuell Entnahme von Fi, um das Bestockungsziel zu erreichen. Zi (und auch Lä) ist in Gruppen zu pflanzen (u.a. Versorgung von Zi mit artspezifischer Mykorrhiza).	**Mischungsregulierung und Pflanzung:** Zur Erzielung der Baumartenmischung werden die Maßnahmen Mischungsregulierung bei Naturverjüngung und Ergänzungspflanzung (vor allem von Zi, bei Bedarf auch andere) angewandt. Zi- und Lä sind in Gruppen zu pflanzen, das Mischungsverhältnis ist dabei zu beachten (u.a. Versorgung von Zi mit artspezifischer Mykorrhiza).
Dickung	
Mischungsregulierung von Lä-Fi-Dickungen, Zi-Pflanzung falls möglich: Sicherstellung der Gruppenmischung von Fi und Lä; Rottenstrukturen erhalten bzw. fördern; einzelne Gruppen können durch Entnahmen von wenig vitalen Fi an den Rändern ausgeformt werden; Begründung von Zi in Lücken, falls möglich (Versorgung mit Mykorrhiza).	**Ausformung von Fi-Lä-Dickungen im Hinblick auf Rottenstrukturen, Zi-Pflanzung falls möglich:** Entnahme von wenig vitalen Fi und Lä; Rottenstrukturen von Fi fördern; Sicherstellung von Lä-Gruppenmischung; Zi-Pflanzung in Lücken, falls möglich (Versorgung mit Mykorrhiza).
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Lä und Fi sowie Stabilitätsförderung: In bestehenden Rotten kann durch eine negative Auslese von Individuen (u.a. Peitscher, Protzen) die Stabilität der Rotten gefördert werden. Stabile, langkronige Individuen sollen dabei den Trauf bilden, die Rotten sind als Einheit zu betrachten und als solche zu belassen.	**Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä sowie Stabilitätsförderung:** Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä); Rottenstrukturen dabei erhalten.
Baumholz	
Gruppenentnahme in hiebsreifen Beständen: gruppenförmige Hiebe orientieren sich an vorhandenen Fi-Rotten, die als Ganzes entnommen werden. Pflanzung von Zi in großen Gruppen, um die Konkurrenz zu anderen Baumarten gering zu halten. Die Zi-Gruppen werden von Lä und Fi-Gruppen umrandet; wenn Lä & Fi - Naturverjüngung nicht ausreicht, um das Bestockungsziel zu erreichen, dann Pflanzung (bei Zi mit Mykorrhiza).	**Entnahme von Fi-Rotten und Lä-Gruppen in hiebsreifen Beständen:** Entnahme von Rotten und Gruppen mit 1-2 Baumlängen Durchmesser; Verjüngung von Zi durch Pflanzung (Versorgung mit Mykorrhiza) und Etablierung in Gruppen (um Konkurrenz mit anderen Baumarten gering zu halten). Verjüngung von Fi und Lä durch Naturverjüngung, evtl. Ergänzungspflanzung in Gruppen, um frühzeitig Rottenstrukturen von Fi und Gruppen von Lä zu ermöglichen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Lä-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Zi, Lä und Fi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Zi ist in großen Gruppen mittels Versorgung mit artspezifischer Mykorrhiza zu pflanzen. Durch eine negative Auslese von Individuen (u.a. Peitscher, Protzen) in bestehenden Rotten kann die Strukturierung und Stabilität der Rotten gefördert werden. Durch Gruppenentnahmen in Rottenform können Zi- und Fi-Rotten und Lä-Gruppen in der Ober- und Unterschicht etabliert und/oder gefördert werden (Dauerwald-System basierend auf Rotten-strukturen). Die Entnahme ganzer Rotten erlaubt die vertikale Strukturierung der Bestände. Durch das zeitlich und räumlich unterschiedliche Eingreifen ergibt sich eine unregelmäßige Textur mit Dauerwaldcharakter. Langfristig etablieren sich die drei Baumarten in Gruppen/Rotten. **Zeitraum >100 Jahre.**	

3.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe Fs* sind vergleichsweise hohe Schutzwaldanteile gegeben. Speziell in den steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen Taleinhängen ist die Schutzwirkung der Waldökosysteme bedeutend. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Aufrechterhaltung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegenüber Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe Fs* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. In allen Fällen ist eine Beimischung der tauglichen Laubbaumarten förderlich, also zumeist von Vogelbeere, auf speziellen Standorten auch von Berg-Ahorn (basenreiche und tiefergelegene Standorte) und Birke. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Nadelbaumarten vorhanden sind (Fichte, Lärche und Zirbe), dennoch ist auch jene von Gebirgs-Fichtenwäldern sehr hoch. Es ist zu beachten, die durch den Klimawandel bedingte Einwanderung von Tanne in die Waldbestände der heutigen *Waldgruppe Fs* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil. Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Bereits 1831 hat Zötl erkannt, dass die „Ungleichheit an Alter und Größe“ Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist.

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden. Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen (Koeck, Hochbichler & Vacik 2018). Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern wie etwa von Fichte, Lärche oder Zirbe, von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus bereits ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf steilen Standorten der *Waldgruppe Fs* möglichst geschlossen zu halten. Bei Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind Bestandeslücken daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden würden. Tiefwurzelnde Baumarten (Lärche, in der Klimazukunft auch Tanne) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gezielt gefördert werden.

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während Fichte nach Verletzungen anfällig für Fäule ist, ist Lärche dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Hoch Abstocken (> 100 cm) kann die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner 2005).

4. FT – Fichten-Tannenwald-Standorte

in der sehr kühlen Nadelwaldzone und in der kühlen Nadelwaldzone

Tabelle 4.1: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FT* – Fichten-Tannenwald-Standorte in der sehr kühlen Nadelwaldzone und der kühlen Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
FT3cg	sehr basenreich	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig frisch	266 ha / 0,2%
FT4cg	sehr basenreich	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	frisch	12.416 ha / 8%
FT5cg	sehr basenreich	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	sehr frisch	9.209 ha / 5,9 %
FT6c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	feucht	150 ha / 0,1%
FT3rm	basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch	14 ha / 0,01%
FT45rm	basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	8.493 ha / 5,5%
FT6grm	sehr basenreich bis basenhaltig	feinerdereiche Karbonat-gesteine bis intermediäre Silikatgesteine	feucht	139 ha / 0,9%
FT3ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	mäßig frisch	76 ha / 0,05%
FT4ue	Basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	frisch	11.840 ha / 7,6%
FT5ue	Basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	sehr frisch	108.624 ha / 70,1%
FT6ue	Basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht	253 ha / 1,6%

Charakteristika

Verbreitung Die Waldgruppe der Fichten-Tannenwald-Standorte (FT) kommt in der **sehr kühlen Nadelwaldzone** und in der **kühlen Nadelwaldzone** auf 155.013 ha vor, was rund 14,2 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Es sind das in der klassischen Bezeichnung die hochmontanen Standorte der steirischen Gebirgsgruppen.

Baumartenspektrum Fichte, Tanne, Lärche, Zirbe, Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Rot-Kiefer, Birke, Vogelbeere

Gastbaumarten Es gibt in dieser Waldvegetationszone keine geeigneten Gastbaumarten

Strukturen In der Waldgruppe sind von Fichte dominierte Waldbestände vorherrschend; darüber hinaus sind Fichten-Lärchen-Bestände, Fichten-Tannen-Bestände und Zirben-Lärchen-Fichten-Bestände ausgebildet.

4.1 Standorte heute

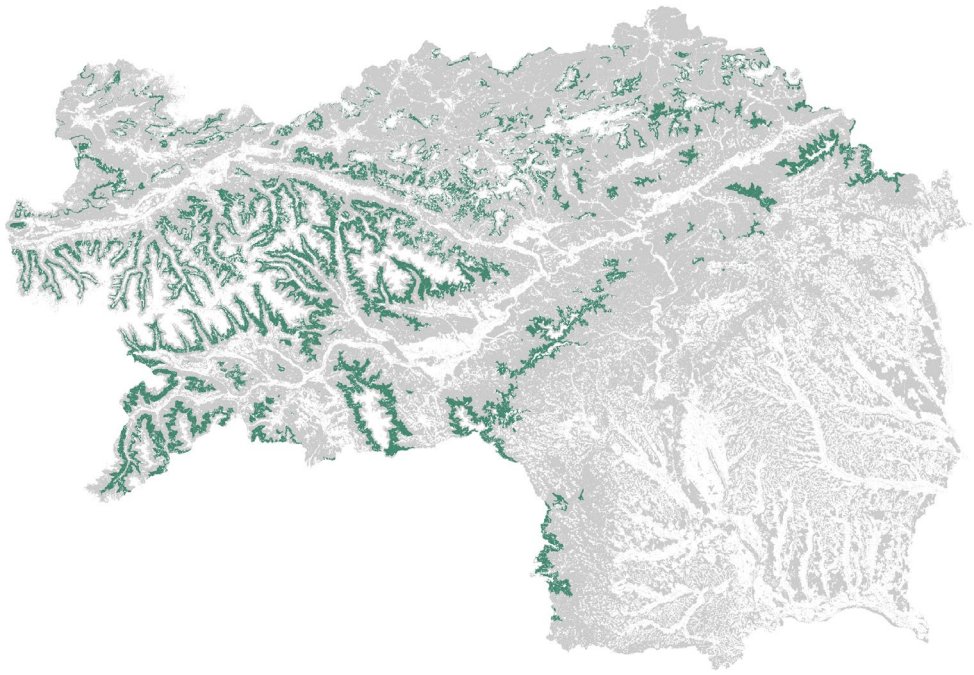


Abbildung 4.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe FT* in der Steiermark. Datenbasis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FT – Fichten-Tannenwald-Standorte* kommen mehrheitlich in den kühlen Gebirgslagen der Steiermark vor (Abb. 4.1), welche mit der *sehr kühlen Nadelwaldzone* korrespondieren. Diese erstreckt sich etwa zwischen 1300 m und 1650 m Seehöhe (Abb. 4.5). In den silikatischen Gebirgsgruppen der Obersteiermark, wo ein kühleres Klima vorherrscht, tritt die *Waldgruppe FT* auch in der kühlen Nadelwaldzone (zwischen 1300 m und 1450 m Seehöhe) auf. Grund dafür sind die kühleren Klimaverhältnisse und basenarme Grundgesteine, welche in der Höhenzone keine bestandesbildenden Buchenvorkommen mehr zulassen. Die Fichten-Tannenwald-Standorte werden daher über diese beiden Waldvegetationszonen (sehr kühler Nadelwald, kühler Nadelwald) zusammenfassend dargestellt. In der Steiermark zeigt die *Waldgruppe FT* eine weite Verbreitung und nimmt aktuell 155.013 ha ein, was 14,2 % der steirischen Waldfläche entspricht. Die *Waldgruppe FT* tritt in allen steirischen Gebirgen auf, sowohl auf karbonatischen als auch auf silikatischen Grundgesteinen. Die Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe FT* schon geringer als in der mäßig kühlen Mischwaldzone. Es finden vor allem Fichte, Tanne, Lärche und Zirbe geeignete Standortsbedingungen vor. Des Weiteren sind Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Rot-Kiefer, Birke und Vogelbeere als Mischbaumarten hervorzuheben. Hinsichtlich Berg-Ulme wird angemerkt, dass die vom Ulmensplintkäfer weitverbreitete Pilzkrankheit in der Vergangenheit zu großflächigem Absterben der

Bäume geführt hat und was auch heute immer noch – insbesondere bei mittelalten bis älteren Bäumen – zum Ausfall führt. Dennoch etabliert sich Berg-Ulme vereinzelt weiterhin erfolgreich.

Die Tanne erreicht an der Obergrenze der Waldgruppe ihr aktuelles Limit bezüglich der Höhenverbreitung. Tanne stockt in der *Waldgruppe FT* heute regional aber nur mehr vereinzelt, was einerseits durch die historische Benachteiligung der Tanne bei der Bewirtschaftung und andererseits durch den selektiven Verbiss von Schalenwild bedingt ist. Im Klimawandel kann die Tanne in der *Waldgruppe FT* wiederum eine große Bedeutung erlangen, weil sie die Standorte effizient erschließen kann, durch ihr Wurzelsystem zur Stabilität beiträgt, gute Bonitäten erzielt und stabiles Wachstum unter verändertem Temperaturregime verspricht.

Unterhang-Standorte der Talschaften in der *Waldgruppe FT*

Auf Unterhangstandorten größerer Täler und Gräben treten innerhalb der *Waldgruppe FT* in der Regel Standortsbedingungen auf, welche das Wachstum der Baumarten Berg-Ahorn und Berg-Ulme begünstigen. Es sind das klassische Berg-Ahorn - Standorte, vereinzelt auch mit Berg-Ulme. Es kommt durch die Akkumulation von Mineralboden- und Humusstoffen zu einer Anreicherung von Basen und Nährstoffen, also zu klassischen „Gewinnlagen“ im standortskundlichen Sinn, welche Ahorn-Ulmen-Waldstandorte ermöglichen. Diese Standorte können in den Karten nicht räumlich explizit dargestellt werden, sie sind lokal an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart, Hochstauden oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Die Höhenerstreckung dieser Standorte liegt zwischen 30 m - 100 m an den Unterhängen.

Relief

Es sind in der *Waldgruppe FT – Fichten-Tannenwald-Standorte* in der *sehr kühlen Nadelwaldzone* und *kühlen Nadelwaldzone* der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Mittelhang- und Oberhanglagen dominieren. In den Nordöstlichen Kalkalpen im Ennstal, oberen Mürztal und Salzatal sind meist steile Mittelhang- und Oberhanglagen landschaftsprägend. In den Gebirgsgruppen Niedere Tauern, Gurktaler Alpen, Zirbitzkogel, Gleinalpe, Koralpe und Fischbacher Alpen ist das Relief in der kühlen Nadelwald-Stufe zwar meist steil ausgebildet, kann allerdings auch sanfte Geländeformen umfassen. Die Schutzwald-Funktion der Waldbestände der *Waldgruppe FT* ist überall dort, wo Steillagen mit hohen Felsanteilen ausgebildet sind, von zentraler Bedeutung. In dieser Hinsicht sind vor allem die Kalkalpen in der Steiermark hervorzuheben.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der *sehr kühlen Nadelwaldzone* und der *kühlen Nadelwaldzone* der *Waldgruppe FT* betrug im Zeitraum 1989-2018 im Mittel 4,4 °C. Der höchste Wert wird in FT6grm erreicht (4,7 °C) und der niedrigste in FT3rm (4 °C) (siehe Abb. 4.2). Die Wärmeversorgung bedingt, dass aktuell in der Waldgruppe eine der Höhenzone entsprechende Baumartenvielfalt ausgebildet ist. Es treten in der Waldgruppe vor allem Nadelbaumarten auf, Laubbaumarten haben quantitativ eine relativ geringe Bedeutung.

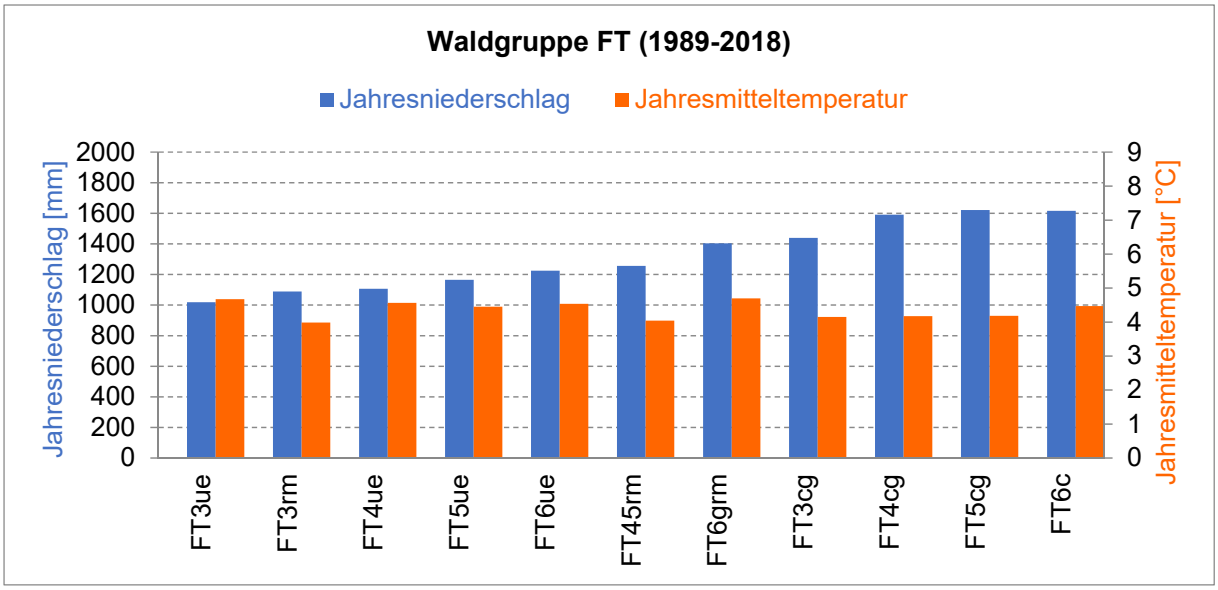


Abbildung 4.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FT* für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Der **Jahresniederschlag** in der *sehr kühlen Nadelwaldzone* und der *kühlen Nadelwaldzone* der *Waldgruppe FT* betrug im Zeitraum 1989-2018 im Mittel 1230 mm. Die Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone ist aufgrund der hochgelegenen Gebirgslagen in den Nördlichen Kalkalpen im oberen Bereich angesiedelt, aber auch in den zentralalpinen Niederen Tauern oder in den Gurktaler Alpen sind hohe Niederschlagssummen charakteristisch. Grundsätzlich variiert der Jahresniederschlag gemäß den Regionen/Wuchsgebieten der Steiermark, so wird in FT5cg der höchste (1621 mm – in den Steirischen Kalkalpen) und in FT3ue (1018 mm – in den Steirischen Zentralalpen) der niedrigste Wert erreicht (Abb. 4.2).

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. In der *Waldgruppe FT* finden sich die Wasserhaushaltsstufen „mäßig frisch“, „frisch“, „sehr frisch“ und „feucht“. Am häufigsten kommt allerdings die Wasserhaushaltsstufe „sehr frisch“ in der *Waldgruppe FT* in der Steiermark vor (z.B. FT5ue, siehe auch Tab. 4.1). In der Höhenzone gibt es in der Regel keine mäßig trockenen Standorte, weil dafür zu viel Niederschlag fällt und von der Waldvegetation zu wenig verdunstet wird (Abb. 4.3).

Nährstoffe

Die nährstoffreichsten Standortstypen sind basenreiche Substrate mit einer sehr guten Wasserversorgung (frisch bis sehr frisch, FT45rm). Am wenigsten Nährstoffe zeigt die Standortseinheit an, wo die tendenziell nährstoffärmeren Bodentypen auf Karbonatgesteinen mit einer relativ geringen Wasserversorgung (mäßig frisch) gekoppelt sind (FT3cg). Auch auf sehr sauren Grundgesteinen kann sich die *Waldgruppe FT* erfolgreich etablieren (FT3ue, FT4ue), die Wüchsigkeit ist dort aufgrund des Basenmangels aber nur mittelmäßig. Tanne kann mit ihrem Pfahlwurzelsystem tiefgründige Böden effizient aufschließen, wodurch Nährstoffe aus den tiefen Bodenschichten in den Nährstoffkreislauf

der Waldbestände gelangen. Davon profitieren alle auf einem Standort stockenden Baumarten. Alle Baumarten der *Waldgruppe FT* können die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen, wenngleich Berg-Ahorn und Berg-Ulme vor allem auf basenreicheren Standorten hervortreten (Basenklassen „c“ bis „u“). Die Standortsunterschiede bezüglich der Basen- und Nährstoffversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen.

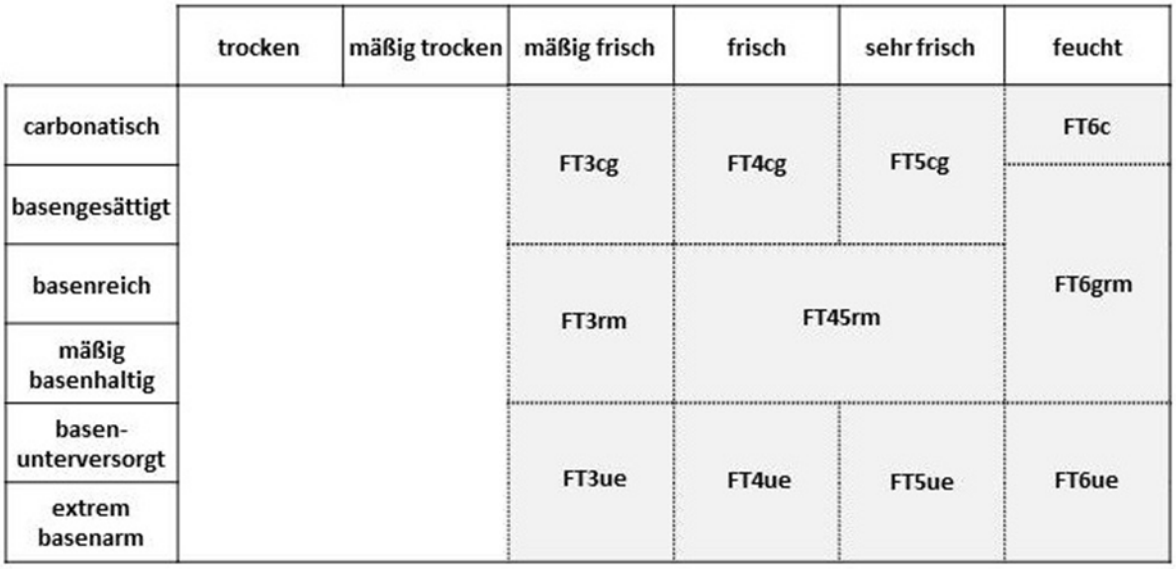


Abbildung 4.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FT* – Fichten-Tannenwald-Standorte.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 4.3).

4.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung: Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einem annähernden Gleichbleiben der mittleren Jahresniederschlagssumme zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FT* in höhere Lagen der Gebirge in der Steiermark. Im Klimawandel-Szenario RCP 4.5 verschiebt sich die Höhenverbreitung der *Waldgruppe FT* bezogen auf das Jahr 2085 um rund 200 m nach oben (Abb. 4.4 und 4.5). Die Buche zeigt die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft auf heutigen Lokalitäten der *Waldgruppe FT* an Bedeutung gewinnen wird. Die *Waldgruppe FT* wird somit auf diesen Teilbereichen zur *Waldgruppe FTB - Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte* (*mäßig kühle Mischwaldzone*) verändert werden. Auf karbonatischen oder basenreichen Standorten kann auch eine Veränderung zur *Waldgruppe BFT* (*kühle Mischwaldzone*) eintreten.

Es ist zu betonen, dass die Baumarten in der *Waldgruppe FT* in der Klimazukunft ihre Standorts-Tauglichkeit bewahren werden können, allerdings wird es zur Erweiterung des Baumartenspektrums mit der Buche kommen. Auch Berg-Ahorn kann an Bedeutung gewinnen, Berg-Ulme nur dann wenn das Absterben von Ulmen zurückgeht. In der sehr kühlen und kühlen Nadelwaldzone profitieren in der Regel alle Baumarten von höheren Temperaturen während der Vegetationsperiode.



Abbildung 4.4: Verbreitung der *Waldgruppe FT* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

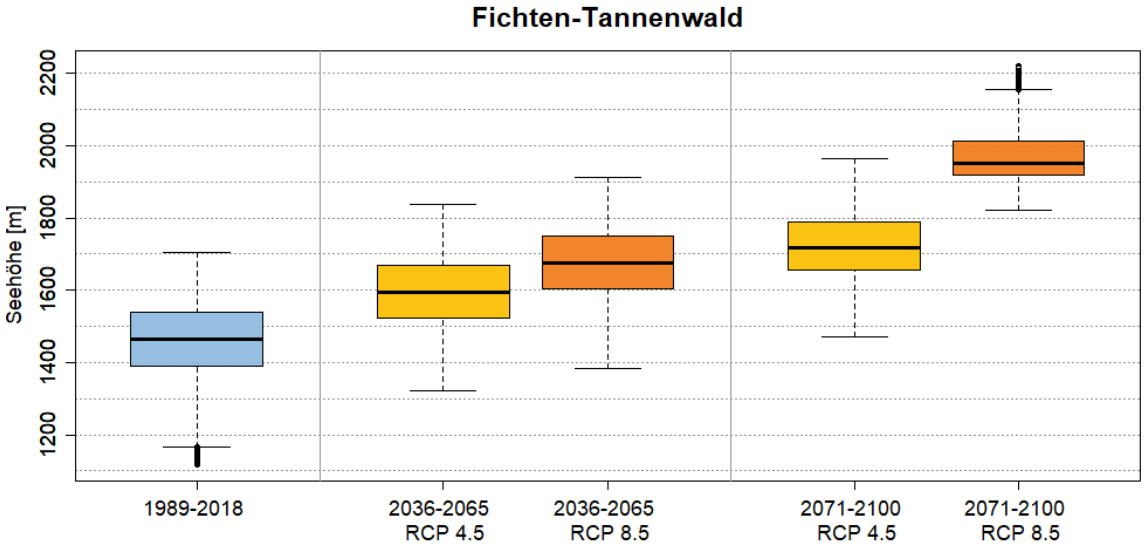


Abbildung 4.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe FT* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

In der sehr kühlen und kühlen Nadelwaldzone ist laut Klimaszenarien ein deutlicher Anstieg der Jahresmitteltemperatur zu erwarten, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 4.2).

Tabelle 4.2: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der *Waldgruppe FT*.

Zeitlinie	1989 - 2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmitteltemperatur (°C)	4,4 °C	6,4 °C	7,8 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	1231 mm	1318 mm	1276 mm

FT3ue wird die höchste Jahresmitteltemperatur aufweisen (6,8°C bzw. 8,1°C) und FT3rm die geringste (6,1°C bzw. 7,4°C). Der Jahresniederschlag wird im Szenario RCP 4.5 in FT6c am größten (1736 mm – Steirische Kalkalpen) sein und im Szenario RCP 8.5 in FT5cg (1674 mm). Für beide Szenarien wird er in FT3ue am geringsten sein bzw. bleiben (1102 bzw. 1065 mm; Abb. 4.6).

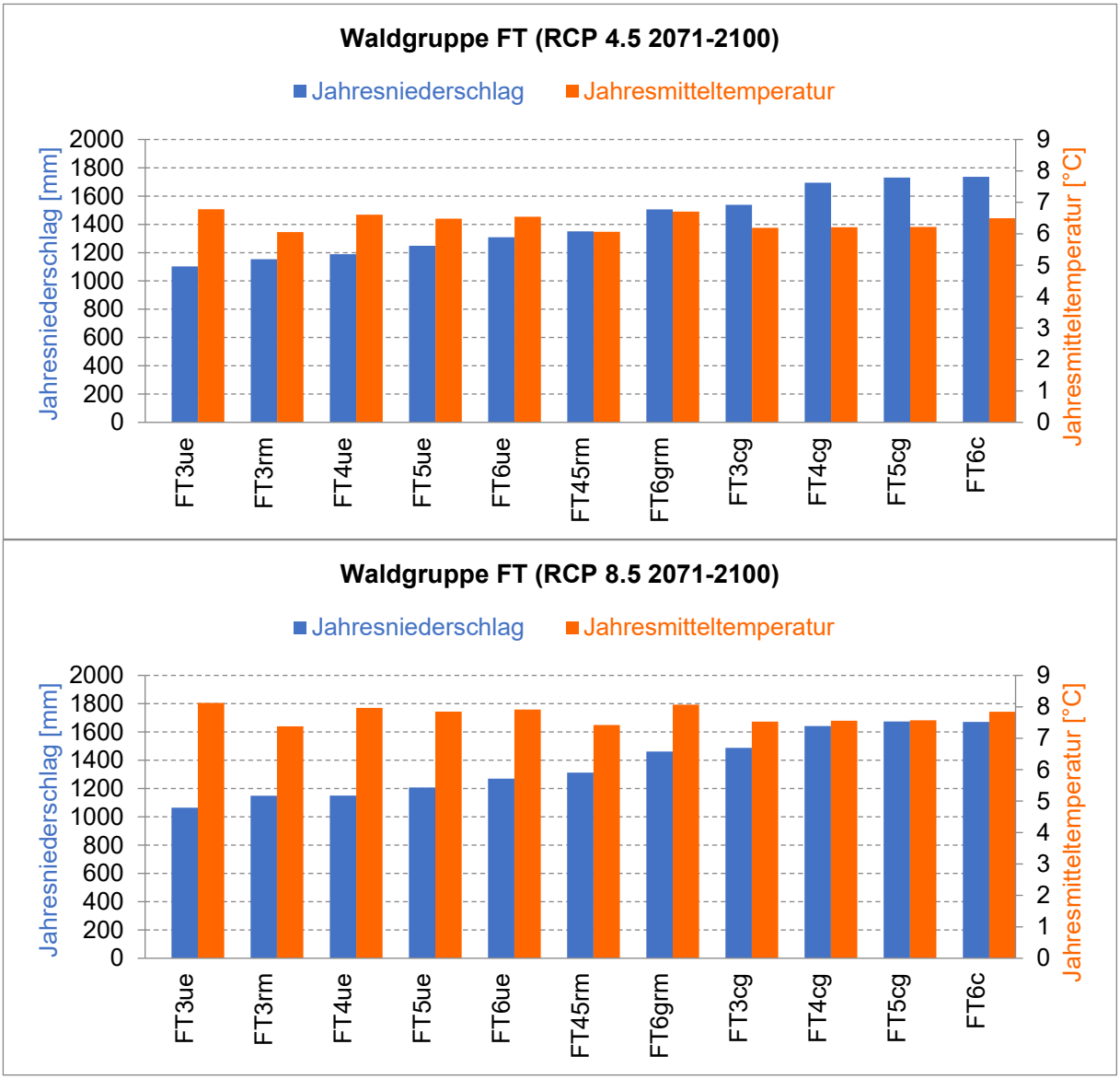


Abbildung 4.6: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FT* für den Zeitraum 2071-2100 für die Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 für die Steiermark.

4.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf mäßig frischen karbonatischen Standorten (FT3cg) kann Vergrasung als Folge von großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf frischen bis sehr frischen basenreichen Standorten (FT45rm) können wiederum Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Versauerung des Bodens kann vor allem auf den basenunterversorgten und extrem basenarmen Standorten der *Waldgruppe FT* auftreten (FT3ue, FT4ue). Dennoch, so es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens darstellen (Scherzinger 1996). In der *Waldgruppe FT* stellt das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe FT* (Hangneigung > 70%) tritt Bodenerosion bei großen Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) auf, was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Erosion und in weiterer Folge Hangrutschungen zu vermeiden.

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten, welche flachgründige Rendzinen auf Kalken und Dolomiten aufweisen (FT3cg, FT4cg, FT5cg). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humusmaterial in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe FT* aufgrund der Höhenlage selten, können aber im Zuge von Extremereignissen auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische und rezente Schneefallereignisse, bei denen es großflächig zu Wipfelbruch bei Fichte kam. Tannen können dem offensichtlich besser widerstehen, wie die deutlich geringeren Schäden an dieser Baumart nach dem massiven Schnee- und Eisanhang Ereignis 2014 im Süden Österreichs und in Slowenien gezeigt haben. Besonders gefährdet sind in der Regel einschichtige Fichtenstangenhölzer, da der schwere Schnee das einförmige Kronendach belastet.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe FT* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäulebildung). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Felsblöcke und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe FT* mit großer Häufigkeit in den Kalkalpen der Steiermark auf, allerdings ist Steinschlag-Gefahr auch in den anderen Gebirgsgruppen möglich.

Waldbrand: In der *Waldgruppe FT* ist nur eine geringfügige Waldbrandgefahr gegeben, was vor allem auf die kühleren Temperaturen und höheren Niederschlagsmengen in der Höhenzone zurückzuführen ist. Trotzdem sind während lange andauernden Trockenperioden auf sonnseitigen und mäßig frischen

Standorten (FT3cg, FT3rm, FT3ue) Achtsamkeit und Präventionsmaßnahmen empfohlen, um eine etwaige Brandentstehung zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände auch schattseitig und in anderen Waldstandortseinheiten auftreten. Nadelbaumreinbestände auf Standorten mit großen Moderhumusauflagen haben das höchste Gefährdungsrisiko.

Trockenheit: In der *Waldgruppe FT* ist das Risiko von Trockenschäden an den Waldbeständen aufgrund der Höhenzone und dem damit verbundenen günstigen Wasserhaushalt relativ gering. Trotzdem kann während lange andauernden Hitzeperioden in großen Bestandeslücken direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung führen. Trockenperioden können besonders auf den mäßig frischen Standorten (FT3cg, FT3rm, FT3ue) zu Stress an den dort stockenden Bäumen führen. Am stärksten anfällig dafür sind Fichtenreinbestände. Lange andauernde Trockenperioden führen auf allen Standorten zu einer erhöhten Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016).

Insekten: Die sehr kühle und die kühle Nadelwald-Zone bergen aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine geringere Gefahr für Borkenkäfer-Kalamitäten als tiefer gelegene Waldvegetationszonen. Trotz dieser Ausgangslage kam es in der jüngeren Vergangenheit in diesen Höhenzonen bereits zu Borkenkäfer-Kalamitäten an **Fichte**. Aktuell sind daher von Fichte dominierte Bestände in der *Waldgruppe FT* potenziell durch Borkenkäfer gefährdet (insbesondere Buchdrucker, weniger Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Sommertemperaturen und längeren Trockenperioden und den damit für eine Borkenkäfermassenvermehrung verbundenen besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoringmaßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind in der *Waldgruppe FT* auf allen Standorten mit Fichtenbestockung empfohlen.

Die **Tanne** ist derzeit vor allem in tieferen Lagen durch die Tannentrieblaus gefährdet. Allerdings muss auch die Entwicklung in höheren Lagen (wie in der *Waldgruppe FT*) beobachtet werden. Während die Weißtannen-Stammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weißtannen-Trieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die ab etwa 1850 eingeschleppte Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia merkeri*) als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999).

Pilzerkrankungen: Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch schon ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall bedingt absterben.

Der Befall von **Zirbe** mit Schneeschimmel (*Phacidium infestans*) erfolgt auf Standorten mit allgemein hoher Bodenfeuchte sowie hoher und lange andauernder Schneedecke. Die Infektion erfolgt durch andauernden Bodenkontakt der Zirbenäste infolge von Schneedruck (Ebner und Scherer 2001; Loranger et al. 2016).

In der folgenden Abb. 4.7 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FT* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

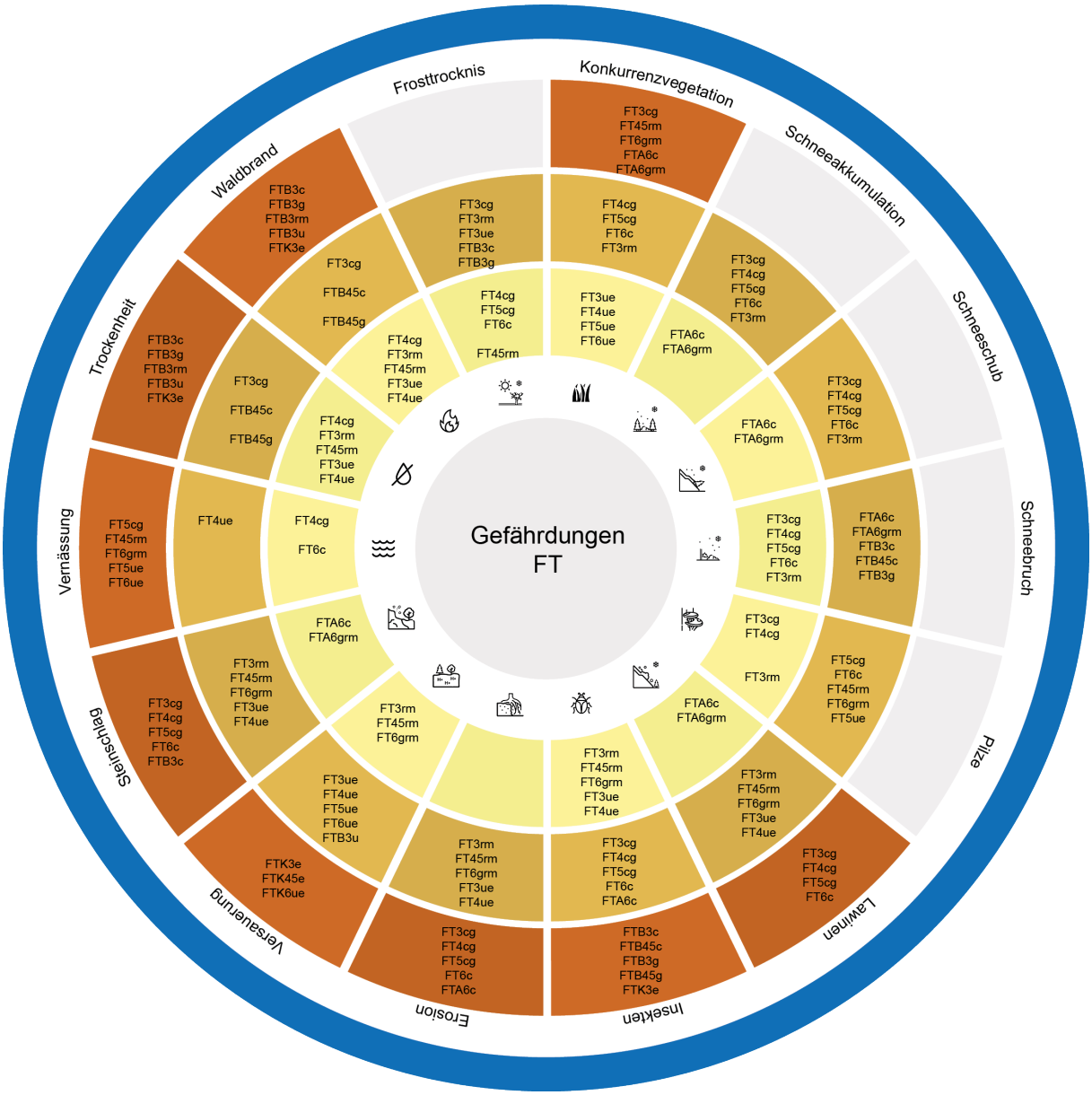


Abbildung 4.7: Limitierende Faktoren für die Waldbestände der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FT.*

4.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen steigende Bestandesrisiken und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 4.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe FT* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe FT*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe FT* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe FT* in der *sehr kühlen und kühlen Nadelwald-Zone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der Höhenlage und der spezifischen Baumartenvielfalt grundsätzlich gegeben (Abb. 4.8). Dabei ist in allen Fällen allerdings die Ausgangslage zu beachten, da sich die Dringlichkeit der Maßnahmen daran orientiert. Aktuell können in der *Waldgruppe FT* Fichtenreinbestände, Fichten-Tannen-Waldbestände, Fichten-Lärchen-Waldbestände, Fichten-Lärchen-Tannen-Waldbestände oder Zirben-Lärchen-Fichten-Waldbestände vorkommen. In weiterer Folge werden die empfohlenen waldbaulichen Maßnahmen an diese unterschiedlichen Ausgangslagen angepasst.

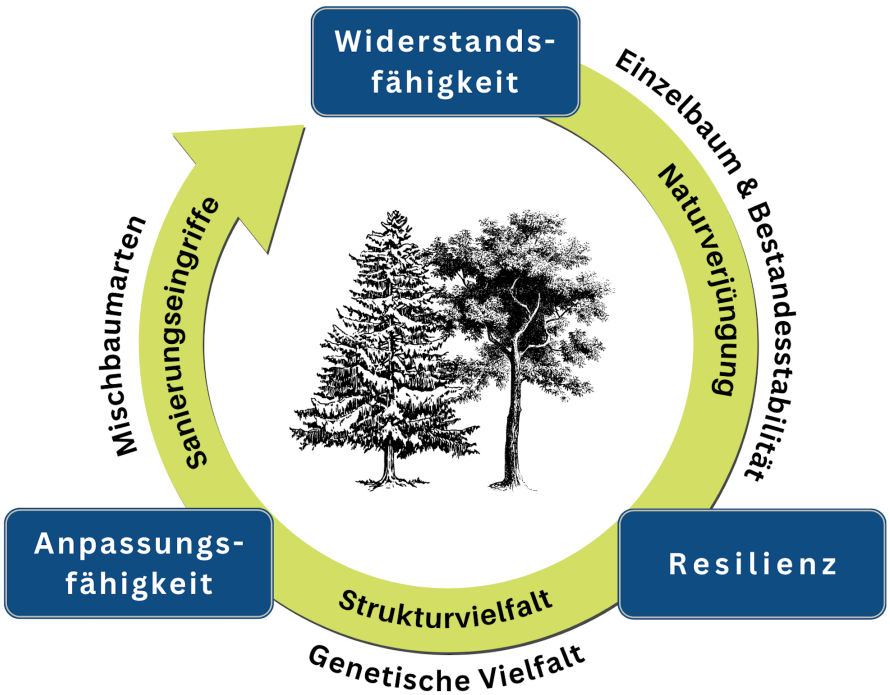


Abbildung 4.8: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

In den heutigen von Nadelbäumen dominierten Beständen der *Waldgruppe FT* ist für die Klimazukunft die Buche einzubringen, um die Waldbestände klimafit zu machen. Das wird in den meisten Fällen vor allem durch künstliche Verjüngung zu erfolgen haben, speziell dann, wenn Samenbäume von Buche nicht ortsnah vorhanden sind. Dabei ist zu beachten, dass die Buche aufgrund ihrer Frostgefährdung (Thomas und Sporns 2009) in der *Waldgruppe FT* aktuell nur versuchsmäßig und unter Schirm eingebracht werden kann, und das vorzugsweise auf wärmebegünstigten Standorten. Die Dauer dieser Testphase für das Einbringen von Buche in der *Waldgruppe FT* ist heute noch nicht abschätzbar und kann erst mit dem Fortschreiten der Klimaerwärmung beurteilt werden.

4.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen ist zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn der Waldbestand bereits eine gesicherte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (z.B. Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppe FT* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Resilienz zu verbessern. Dabei ist die *Waldgruppe FT* jene Waldvegetationszone in der Steiermark, wo alle fünf bedeutenden heimischen Nadelbaumarten gemeinsam stocken können.

Tanne ist auf allen Standorten der *Waldgruppe FT* konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn Mutterbäume im Altbestand vorhanden sind und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Die Ausbreitung von Tannensamen durch Vögel kann bei Vorhandensein von Samenbäumen einen relativ großen Raum durch Naturverjüngung abdecken. Die wesentliche Aufgabe in der *Waldgruppe FT* ist die Sicherung der aktuellen Tannenvorkommen und das erneute Einbringen von Tanne in Gebieten, wo sie heute fehlt. Dabei kann der Voranbau unter Schirm des aktuellen Bestandes eine gute Möglichkeit sein, um Tanne einen ausreichenden Wuchsvorsprung gegenüber der Fichte zu ermöglichen.

Lärche kann sich auf allen Standorten im Zuge der Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (offene Flächen mit Mineralboden, Erosionsflächen, Straßenböschungen, etc.) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich, besonders auf schattseitigen Standorten der *Waldgruppe FT*, immer wieder qualitativ und quantitativ stark. Die Naturverjüngung spielt für Lärche in dieser Höhenzone eine

große Rolle. Beimischung von Lärche mittels Kunstverjüngung wird in der *Waldgruppe FT* dennoch von wesentlicher Bedeutung sein.

Die Vermehrung von Fichte ist auf den Standorten der *Waldgruppe FT* in der Steiermark sowohl mittels Naturverjüngung als auch durch Kunstverjüngung möglich. Auf Standorten, wo die Kahlschlagsnutzung durchgeführt wurde, ist Kunstverjüngung die Regel.

Die Zirbe ist in der *Waldgruppe FT* aktuell vor allem in den westlichen Gebirgsgruppen verbreitet. Ihre Verbreitung kann forstlich ausgedehnt werden, weil sie in der Höhenzone sehr gute Zuwächse erzielen kann und im Klimawandel standortstauglich bleibt. Sowohl Naturverjüngung als auch Kunstverjüngung sind für Zirbe möglich. Für die Neubegründung von Zirben-dominierten Waldbeständen ist auf die Verwendung der Baumarten-spezifischen Mykorrhizen in den Kulturen zu achten. Zusätzlich wird die Zirbe konkurrenzbedingt von den anderen Nadelbaumarten deutlich überwachsen, was bei Bestandesbegründung und Pflegeeingriffen mit zu berücksichtigen ist. Daher muss für Zirbe auf einigen Standorten (etwa FT3rm, FT45rm, FT4ue, FT5ue) die Konkurrenz durch andere Baumarten (vor allem Fichte und Tanne) vermindert werden, welche dort in der Regel ein rascheres Höhenwachstum aufweisen. Dieses Faktum wurde beim Entwurf der Waldbaukonzepte in der *Waldgruppe FT* berücksichtigt.

Die Mischbaumarten der *Waldgruppe FT* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens bei waldökologisch tragfähigem Verbissdruck mittels Naturverjüngung etablieren. Berg-Ahorn und Berg-Ulme sind vor allem auf Unterhängen oder basenreicheren Standorten in Einzelmischung möglich (Basenklassen „c“ bis „u“). Birke gedeiht auf allen Standorten (zumeist auf sonnigen Kahlflächen), Rot-Kiefer auf mäßig frischen Rücken oder Kuppen und Vogelbeere wiederum auf allen Standorten. Bei der künstlichen Einbringung von Mischbaumarten sind diese wirksam gegen Wildverbiss zu schützen, weil ansonsten diese Baumarten unter Einfluss der derzeitigen Schalenwildbestände nicht erfolgreich etabliert werden können. Grundsätzlich ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen als Voraussetzung für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel zu sehen.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist auch in der *Waldgruppe FT* von zentraler Bedeutung für die Widerstandsfähigkeit und Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die Vielfalt an Baumarten, welche in der *Waldgruppe FT* trotz der Höhenlage gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Der Hauptfokus liegt dabei auf Nadelbaumarten, wenngleich die vorhandenen Laubbaumarten in Beimischung die Resilienz und Widerstandsfähigkeit der Waldbestände verstärken. Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dabei sind femelartige Eingriffe und kleinflächige Lochhiebe bei der Verjüngungseinleitung oder eine auf dauerwaldartige Waldbestände abzielende Einzelstammnutzung geeignete Mittel, um die Strukturvielfalt zu erhöhen. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Einzelbaum- und Gruppenstabilität

In **Fichten-Tannen-Lärchen-Beständen** ist die gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen (H/D < 0,8) wichtig. Dabei kann vor allem die Tanne tiefgründige Böden der Waldgruppe hervorragend

erschließen und dort beachtliche Dimensionen erzielen. Die Förderung der Bestandesstabilität erfolgt vor allem durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzel-System, wodurch Tanne als Stabilitätsträger die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen und Nassschnee zu erhöhen vermag. Daher ist die Präsenz von kräftigen Tannen mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität der Waldbestände. Fichte in Mischung mit Tanne und Lärche vermag die Standorte in dieser Waldgruppe besser zu erschließen, weil durch die Tanne Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten wieder in den Kreislauf eingebracht werden. Die Lärche kann besonders auf Standorten mit gut durchlüfteten Böden gute Dimensionen erzielen und stärkt ebenfalls mittels ihres tiefreichenden Wurzelsystems die Bestandesstabilität.

Auch in den weit verbreiteten **Fichten-Lärchen-Waldbeständen** der *Waldgruppe FT* ist auf eine hohe Einzelbaumstabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann und von Jugend an in Gruppen gepflegt worden ist. Grundsätzlich ist die Mischung von Fichte und Lärche in der *Waldgruppe FT* unter den aktuellen klimatischen Bedingungen noch stabil, in der Klimazukunft sollten allerdings weitere Baumarten wie die Tanne und eventuell auch die Zirbe von den Nadelbäumen oder Berg-Ahorn und Buche von den Laubbäumen gefördert werden.

Aktuell dominieren **Fichtenreinbestände** die Standorte der *Waldgruppe FT*. Diese sind zwar aktuell standortstauglich, bedürfen aber zur Stabilisierung der Beimischung von Tanne und von weiteren Baumarten der Waldgruppe. In einschichtigen Fichtenreinbeständen mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D - Werte > 0,8) sind instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen. In den entstehenden Lücken können passende Mischbaumarten wie beispielsweise Tanne, Lärche, Zirbe, Berg-Ahorn, Vogelbeere oder Berg-Ulme etabliert werden. Die Wahl der passenden Baumarten ist dabei standortsspezifisch zu treffen. In der Klimazukunft ist auch Buche integrierbar.

Die Zirbe tritt aktuell in einigen Waldbeständen der *Waldgruppe FT* dominant auf und stellt eine stabile Bestockung dar. In **Zirben-Lärchen-Fichten-Beständen** ist Vogelbeere als Mischbaumart verbreitet. Schon heute wäre Tanne eine Möglichkeit zur Bereicherung der Baumartenvielfalt dieser Waldbestände. Sie sind auch in der Klimazukunft als stabil zu erachten, wenngleich Tanne und Berg-Ahorn (unter Umständen auch Buche) eine größere Rolle spielen werden können. Zirbenreiche Waldbestände können auf Standorten der *Waldgruppe FT* auch vollständig neu begründet werden.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Borkenkäfer-Vermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** auch in der *Waldgruppe FT* in der sehr kühlen Nadelwaldzone und kühlen Mischwaldzone betroffen. Trotz der relativ kühlen Temperaturen in diesen Waldvegetationszonen ist besonderes Augenmerk auf das Auftreten von Borkenkäferbefall zu legen. Zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz der Waldbestände sind die üblichen Vermeidungsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Mischwaldbestände sind in der sehr kühlen Nadelwaldzone die beste Strategie, um der Borkenkäfergefährdung zu begegnen. Dazu werden für verschiedene Ausgangslagen und Standorte geeignete klimafitte Mischungstypen definiert, welche der Nadelbaum-dominierten Waldvegetationszone entsprechen.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen und verbreitet Spätfrost-Schäden auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*) insbesondere entlang der Mur-Mürzfurche dokumentiert. Rechtzeitiges Entfernen der von Bockkäfer befallenen Lärchen kann den Populationsdruck verringern. Durch waldbauliche Maßnahmen können allerdings weder die Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche vermieden werden.

Die **Tanne** ist in den tieferen Lagen durch die Tannentrieblaus gefährdet. Derzeit ist das Risiko eines Befalls in der *Waldgruppe FT* als gering einzustufen. Eine Strategie zur Vermeidung eines Befalles von Tannen-Jungwuchs und -Dickungen mit der Tannentrieblaus ist das Vermeiden von plötzlichen Freistellungen. Tanne gedeiht als Schattbaumart in der Jugend am stabilsten unter Schirm.

Der Befall von **Zirbe** mit dem Schneeschimmel kann vor allem durch die geeignete Wahl von Standorten bei der Aufforstung mit Zirbe vermieden werden. Anstatt schneereicher Mulden sollen kleinräumige Rücken oder Erhebungen zur Bepflanzung gewählt werden. Schneereiche Winter können aber die Entwicklung von Schneeschimmel trotz vorbeugender Maßnahmen ermöglichen. Die Infektion erfolgt nämlich durch andauernden Bodenkontakt der Zirbenäste infolge von Schneedruck (Ebner und Scherer 2001).

4.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe FT* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels, in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen, in relativ abgeschwächter Form gegeben. Allerdings sind die derzeit vorherrschenden reinen Fichtenbestände in der Klimazukunft unter den veränderten Rahmenbedingungen einem erhöhten Risiko für Borkenkäferbefall ausgesetzt. Die klimatischen Bedingungen der Standorte der heutigen *Waldgruppe FT* werden aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges den Bedingungen der *Waldgruppe FTB* – Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte (mäßig kühle Mischwaldzone) oder der *Waldgruppe BFT* – Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte (kühle Mischwaldzone) ähnlicher werden. Das bedingt, dass die Tanne deutlich stärker vertreten sein wird und die Buche in der Klimazukunft auf den heutigen Örtlichkeiten der *Waldgruppe FT* erstmals einwandern wird können. Weil dieser Prozess – nach menschlichem Ermessen - zu lange dauern würde, ist das künstliche Einbringen der Tanne empfohlen. Hingegen gilt für die Baumart Buche die Empfehlung, das künstliche Einbringen vorerst nur vorsichtig mittels Versuchen auf günstigen Kleinstandorten durchzuführen (Frostgefahr).

Um die optimale Anpassungsfähigkeit der Waldökosysteme im Klimawandel sicherzustellen, ist in dieser Waldvegetationszone aktuell vor allem auf die Erzielung von stabilen und möglichst gemischten Waldbeständen zu achten. Auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe FT* ist laut Klimaszenarien (RCP 4.5) eine Veränderung in Richtung der *Waldgruppe FTB* oder *BFT* zu erwarten. Es kann daher mit dem Etablieren von passenden klimafitten Mischungstypen begonnen werden, unter verstärkter Berücksichtigung von Tanne, Lärche, Zirbe, Berg-Ahorn und Berg-Ulme. Buche kann auf wärmebegünstigten Standorten versuchsartig etabliert werden. Grundsätzlich ist vor allem auf die Überführung von Fichtenreinbeständen in klimafitte Mischungstypen Augenmerk zu legen. Im folgenden Kapitel werden unter der Rubrik „klimafitte Mischungstypen“ waldbauliche Strategien für die *Waldgruppe FT* beschrieben, und zwar angepasst an die diversen Ausgangslagen.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche jene Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen (Tab. 4.3). Die *Waldgruppe FT* muss dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumarten-Kombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Mischwaldbestände), während in den reinen Fichten-Beständen die Beimischung von Tanne und von Laubbaumarten notwendig werden wird. Darüber hinaus wird Buche auf zahlreichen Standorten versuchsartig zu etablieren sein und weitere Mischbaumarten ebenfalls an Bedeutung gewinnen. Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben.

Fi - Ta - (Bu)

In der *Waldgruppe FT* ist die Mischung von Fichte mit Tanne verglichen mit Fichtenreinbeständen ein deutlicher Gewinn bezüglich Anpassungsfähigkeit im Klimawandel. Tanne ist eine wesentliche Baumart in dieser Waldgruppe, sie bringt Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und Schnee, ist im Klimawandel anpassungsfähig und erschließt Nährstoffvorräte tiefliegender Bodenschichten. Tanne ist schattentolerant und verjüngt sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken. Allerdings muss Tanne meist künstlich und mit Verbissschutz eingebracht werden, derzeit sind Samenbäume selten. Fichte profitiert von dieser Mischung und kann ihre bekannten Vorzüge besser entwickeln als im Reinbestand. Die Buche ist eine neue Baumart in dieser Waldvegetationszone - sie wird aufgrund des prognostizierten Temperaturanstiegs in der Zukunft die Standorte der heutigen *Waldgruppe FT* bestocken können. Die Kultur von Buche kann daher heute vorerst nur versuchsartig und dementsprechend vorsichtig erfolgen (Gefahr von Frostschäden).

Lä - Fi - Ta - (Bu)

Die Mischung von Lärche, Fichte und Tanne ist in der *Waldgruppe FT* anpassungsfähig im Klimawandel. Die erwünschte Strukturvielfalt der Waldbestände ist damit effizient zu erzielen. Lärche und Tanne bieten mit ihren tiefreichenden Wurzelsystemen Stabilität gegenüber Sturm und bringen gemeinsam mit Fichte Nadelwertholz. Besonders nach großflächigen Schadereignissen kann die künstliche Einbringung der Lichtbaumart Lärche auf den Freiflächen günstig sein. Tanne fehlt aktuell auf den meisten Standorten der *Waldgruppe FT* und wird meist nur mittels Pflanzung unter Schirm und mit Schutz gegen Wildverbiss einbringbar sein. Auch die Buche ist eine neue Baumart in der Waldvegetationszone, sie wird aufgrund des prognostizierten Temperaturanstiegs in der Zukunft die Standorte der heutigen *Waldgruppe FT* bestocken können. Die Kultur von Buche sollte daher vorerst nur vorsichtig und versuchsartig erfolgen (Gefahr von Frostschäden).

Lä - Ta - (Bu)

Die Mischung von Lärche und Tanne kann vor allem auf schattseitig exponierten Standorten der *Waldgruppe FT* eine gute Möglichkeit darstellen, das standörtliche Potential auszuschöpfen. Lärche sollte sich in der Regel mittels Naturverjüngung etablieren können. Tanne wird in den meisten Fällen nur durch Pflanzung in die Waldbestände einzubringen sein. Beide Baumarten bieten eine hohe Widerstandskraft gegen Sturmeinwirkung und haben hohes Wertholzpotenzial. Die Buche ist eine neue Baumart in dieser Waldvegetationszone, sie wird aufgrund des Temperaturanstiegs in der

Zukunft die derzeitigen Bestände bereichern können. Die Kultur von Buche kann vorerst nur versuchsartig und dementsprechend vorsichtig erfolgen (Gefahr von Frostschäden).

Zi - Lä - Fi - Ta

Auf vereinzelten Standorten in der *Waldgruppe FT*, wo besonders kühle Bedingungen herrschen (in den Niederen Tauern, am Zirbitzkogel, am Dachstein oder in den Gurktaler Alpen), kann aktuell Zirbe bestandesbildend auftreten. Eine klimafitte Mischung auf solchen Standorten besteht aus Zirbe, Lärche, Fichte und Tanne. Diese Mischung kann auch neu begründet werden. Aktuell bestehende Zirben können mittels Sicherung ihres Wuchsraumes (Sicherstellung von Gruppenstrukturen und Minderung der Konkurrenz durch andere Baumarten) erhalten werden. Für die Neubegründung von Zirbe wird die Versorgung mit artspezifischen Mykorrhiza-Pilzen empfohlen, um ein stabiles Wachstum sicherzustellen. Tanne und Lärche stabilisieren die Standorte mit ihrem Pfahlwurzelsystem. Lärche bereichert den Standort im Hinblick auf die Humusbildung und ihre klimatische Anpassungsfähigkeit. Zirbe und Lärche liefern gesuchtes Nadelwertholz, gemeinsam mit Tanne und Fichte runden sie das Nadelbaumartenspektrum in dieser Höhenzone ab.

BAh - Ta (- BUl) (auf Unterhangstandorten)

Auf Unterhangstandorten in größeren Tälern und Gräben ist die Mischung von Berg-Ahorn, Tanne und eventuell Berg-Ulme eine gute Alternative (regional Einschränkungen durch das Ulmensterben). Berg-Ahorn kann beachtliche Dimensionen erzielen und Wertholz liefern, während er die Bestandesstabilität unterstützt. Tanne gedeiht auf den Standorten sehr wüchsig. Berg-Ulme kann im Falle von resistenten Individuen (gegen den Ulmen-Splintkäfer bzw. die Ulmenwelke) ebenfalls wertholztaugliche Sortimente erzielen. Waldökologisch tragfähige Wildstände vorausgesetzt, können sich alle drei Baumarten mittels Naturverjüngung etablieren. Sollten aber keine Samenbäume in der Nähe sein, müssten die Baumarten mittels Kunstverjüngung eingebracht werden.

Tabelle 4.3: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe FT* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedlicher zukünftiger Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	**Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
alle FT Standorte (aktuell)	FT, FTB, BFT	Fi - Ta - (Bu)
		Lä - Fi - Ta - (Bu)
		Lä - Ta - (Bu)
besonders kalte Regionen (z.B. Täler in den Niederen Tauern)	FT, FTB, BFT	Zi - Lä - Fi - Ta
Unterhangstandorte	FT, FTB, BFT	BAh - Ta - BUl

*sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

Genetische Vielfalt erhalten

Bei Durchforstungen ist der Erhaltung der genetischen Vielfalt Rechnung zu tragen. Die Förderung von Mischbaumarten, die dem Zielbestand (Klimafitter Mischungstyp) entsprechen, erhöht die Anpassungsfähigkeit. In der *Waldgruppe FT* ist die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist an die spezifischen Wuchsbedingungen der Waldvegetationszone angepasst.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Kunstverjüngungs-Maßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar.

4.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe FT* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe FTB* oder *BFT* vorherrschen, es also auf den betreffenden Standorten zu einer Veränderung von der sehr kühlen Nadelwaldzone in die mäßig kühle Mischwaldzone beziehungsweise in die kühle Mischwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand unterstellt, darüber hinaus wurden für alle Optionen die Maßnahmen nach den Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert.

In Tab. 4.4 werden zwei Optionen zur Erreichung eines klimafitten Mischungstyps in Fichtenreinbeständen unter Anwendung von zwei verschiedenen Waldbaukonzepten (Femelhieb und Saumschlag) und in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse dargestellt. Die Ausgangslage ist jeweils ein einschichtiger Fichtenreinbestand. Der avisierte Zielbestand wird von Fichte und Tanne gebildet, Buche kann aufgrund der aktuell noch herrschenden Klimabedingungen (Frostgefahr) vorerst nur mittels Testpflanzungen erprobt werden, und zwar auf wärmebegünstigten Standorten und unter Schirm.

In Tab. 4.5 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung eines klimafitten Mischungstyps in Fichten-Lärchen-Waldbeständen in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse und unter Anwendung von zwei verschiedenen Waldbauverfahren (Lochhiebe und Saumschlag) vorgeschlagen. Die Ausgangslage ist ein gleichaltriger Waldbestand mit 90 % Fichte und 10 % Lärche. Für die Zielwald-Definitionen steht die Etablierung von Tanne in den Waldbeständen im Vordergrund. Buche kann aufgrund der aktuell noch herrschenden Klimabedingungen (Frostgefahr) vorerst nur mittels Testpflanzungen erprobt werden, und zwar auf wärmebegünstigten Standorten und unter Schirm.

In Tab. 4.6 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in Fichten-Lärchen-Waldbeständen in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse und unter Anwendung zweier Waldbauverfahren dargestellt. Die Ausgangslage ist 80 % Fichte, 20 % Lärche, gleichaltriger Waldbestand. In der ersten Option wird der Zielbestand von Zirbe, Lärche, Tanne und Fichte aufgebaut, das Verjüngungsverfahren ist der Lochhieb. Die zweite Option umfasst Zirbe, Lärche, Fichte und Tanne, als Verjüngungsverfahren fungiert der Saumschlag. In beiden Fällen wird für die Etablierung von Zirbe die Verwendung der artspezifischen Mykorrhiza empfohlen.

Tabelle 4.4: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichtenreinbeständen in den klimafitten Mischungstyp Fichte-Tanne und Ergänzung mit Buche.

FT – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **Fi-Ta**-Bestände durch **Femelhiebe**, Ergänzung mit Bu	Überführung in **Fi-Ta**-Bestände durch **Saumschläge**, Bu-Testpflanzungen
Stabile Fi werden in den Reinbeständen belassen, Ta (teilweise auch Bu) werden unter Schirm vorangebaut, Fi verjüngt sich auf den unregelmäßig angelegten Femellöchern. **Ziel**: Fichte 60 %, Tanne 40 %, Buche einzeln; U = 120-150 Jahre	Stabile Fi werden in den Reinbeständen belassen, Ta (wenn notwendig auch Fi) werden auf den Innen-, bzw. Außensaum von Saumschlagflächen gepflanzt, Ergänzung von Bu am Innensaum unter Schirm. **Ziel**: Fichte 75 %, Tanne 25 %, Buche einzeln; U = 120-150 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzungspflanzung von Ta in vorhandenen Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi, Förderung vitaler Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta.	Ergänzungspflanzung von Ta in vorhandenen Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi, Förderung vitaler Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken.	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität; Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und vorhandenen Mischbaumarten, Entnahme von besonders schlanken Fi.	Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität; Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und vorhandenen Mischbaumarten, Entnahme von besonders schlanken Fi.
Baumholz	
Gruppenschirmstellung und Femelhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: Unregelmäßige Schirmstellung ermöglicht Vorausverjüngung und Voranbau von Ta (einzeln auch Bu), primär wird Fi in Femelhieben entnommen, auf entstehenden Freiflächen Pflanzung von Fi und Ta gemäß des Bestockungszieles.	Nutzung von hiebsreifem Fi-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von Ta am Innensaum und Fi am Außensaum, Voranbau von Ta unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen. Einbringung von Bu unter Schirm (Frostgefahr).
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Fi und Ta überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Bu kann in kleinen Gruppen laufend ergänzt werden. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 4.5: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichten-Lärchen-Beständen in den klimafitten Mischungstyp Lärche-Fichte-Tanne und Testpflanzungen von Buche.

FT – Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Bestände	
Überführung in **Lä-Fi-Ta**-Bestände mittels **Lochhieben**, Bu-Testpflanzung	Überführung in **Lä-Fi-Ta**-Bestände mittels **Saumschlag**, Bu-Testpflanzung
Nachhaltige Sicherung stabiler Fichten und Lärchen, Etablierung von Tanne, Testpflanzung von Buche, Verjüngungsverfahren Lochhiebe. **Ziel**: Lärche 40 %, Fichte 30 %, Tanne 30 %, Buchen-Testpflanzungen; U = 120-150 Jahre	Nachhaltige Sicherung stabiler Fichten und Lärchen, Etablierung von Tanne, Testpflanzung von Buche, Verjüngungsverfahren Saumschlag. **Ziel**: Lärche 50 %, Fichte 20 %, Tanne 30 % Buchen-Testpflanzungen; U = 120-150 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von Ta in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi und Lä, Förderung von vitalen Fi und Lä aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta; Eventuell Bu-Testpflanzung unter Schirm (Frostgefahr).	Ergänzung von Ta in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi und Lä, Förderung von vitalen Fi und Lä aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta; Eventuell Bu-Testpflanzung unter Schirm (Frostgefahr).
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi und Lä; Ergänzungspflanzung von Ta entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi und Lä oder in vorhandenen Lücken.	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi und Lä; Ergänzungspflanzung von Ta entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi und Lä oder in vorhandenen Lücken.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität; Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä.	Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität; Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä.
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: In hiebsreifen Baumhölzern werden Fi & Lä mittels Lochhieben genutzt, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt die Pflanzung oder Naturverjüngung von Lä, Fi und Ta gemäß dem Bestockungsziel. Testpflanzung von Bu unter Schirm (Frostgefahr).	Nutzung von hiebsreifem Fi-Lä-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von Ta am Innensaum und von Fi und Lä am Außensaum, Voranbau von Ta unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen; Testpflanzung von Bu unter Schirm (Frostgefahr).
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fichten-Lärchen-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Fi, Lä und Ta überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Für Lä sind gruppenweise bis lochhiebsartige Hiebe zur Verjüngungseinleitung empfohlen (Dauerwald-System für Licht- und Schattbaumarten in Kombination). Integration von Bu nach Testpflanzungen bei deren Erfolg. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 4.6: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichten-Lärchen-Beständen (80 % Fi, 20 % Lä) in den klimafitten Mischungstyp Zirbe-Lärche-Tanne-Fichte.

FT – Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Bestände	
Überführung in **Zi-Lä-Ta-Fi**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Zi-Lä-Ta-Fi**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten und Lärchen in den Waldbeständen belassen, Tanne und Zirbe werden auf Lochhiebsflächen gepflanzt. **Ziel**: Zirbe 35 %, Tanne 25 %, Lärche 20 %, Fichte 20 %; U = 120-180 Jahre	Erweiterung des Baumartenspektrums mit Zirbe und Tanne, Reduktion von Fichte, Stabilisierung der Waldbestände, Verjüngungsverfahren Saumschlag. **Ziel**: Zirbe 40 %, Lärche 30 %, Fichte 20 %, Tanne 10 %; U = 120-180 Jahre
Jungwuchs	
Pflanzung (oder Naturverjüngung) von Zi, Lä, Ta, Fi in den Lochhieben (1,5-2 Baumlängen Durchmesser): Lä in größeren Lochhiebsflächen etablieren, Zi, Ta und Fi in kleineren; Gruppenmischung anstreben. Zi-Wurzeln mit Mykorrhiza versehen; Natur- und Kunstverjüngung ergänzend anwenden.	Pflanzung von Zi, Lä, Fi und Ta auf Saumschlagsflächen: Nach Einhaltung der Schlagruhe Pflanzung von Zi, Lä, Fi, Ta entsprechend Bestockungsziel. Zi und Lä in Gruppen etablieren, Ta eventuell auch in Einzelmischung.
Dickung	
Mischungsregulierung und Pflanzung: Teilweise Entfernung instabiler Fi; Ergänzungspflanzung von Zi und Ta; stabile Lä übernehmen; Regulierung der Baumartenverteilung im Dickungsstadium im Hinblick auf Bestockungsziel; Gruppenmischung sichern; Zi mit Mykorrhiza versehen.	Mischungsregulierung und Nachbesserung: Übernahme von vitalen Lä und Fi, Pflanzung von Zi und Ta; Regulierung der Baumartenverteilung im Hinblick auf das Bestockungsziel; Gruppenmischung sichern; Zi mit Mykorrhiza versehen.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä).	Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä).
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Fi-Lä-Baumhölzern: Entnahme von Fi und Lä in Lochhieben von ca. 1-2 Baumlängen Durchmesser; Pflanzung von Zi, Lä, Ta und Fi in Gruppen gemäß Bestockungsziel, Schlagruhe beachten und Zi mit Mykorrhiza versehen.	Saumschläge in hiebsreifen Fi-Lä-Baumhölzern: Entnahme von Fi und Lä in Form von Saumschlägen mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung; Pflanzung von Zi, Lä, Fi und Ta nach Schlagruhe; Lä und Zi in Gruppenmischung, Ta eventuell auch in Einzelmischung; Zi mit Mykorrhiza versehen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Lä-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Zi, Lä, Ta und Fi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Für die Verjüngung von Lä sind Lochhiebe notwendig. Die Etablierung der schattentoleranten Ta in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände (Dauerwald-System für Licht- und Schattbaumarten in Kombination). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

4.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe FT* sind in der Steiermark Schutzwaldanteile weit verbreitet gegeben. Speziell in den steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen und felsigen Taleinhängen, also vor allem in den Nördlichen Kalkalpen, aber grundsätzlich auch in allen weiteren Gebirgsgruppen, ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe FT* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Nadelbaumarten gemeinsam vorhanden sind. Beigemischte Laubbaumarten wirken zusätzlich stabilisierend. Als besonders bedeutsam für eine effiziente Schutzwirkung sind Lärche, Fichte und Tanne, sowie Zirbe und Berg-Ahorn hervorzuheben. Die durch den Klimawandel bedingte Einwanderung der Buche in die Waldbestände der heutigen *Waldgruppe FT* ist auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu ermöglichen. Die Baumartenvielfalt erlaubt ein flexibles Reagieren je nach Naturgefahr.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald spielt Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung eine entscheidende Rolle, daher sind ungleichaltrige und mehrschichtige Waldbestände anzustreben. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe FT* effizient umsetzbar, weil die Baumartenvielfalt vor allem auf der Ebene der Nadelbaumarten groß ist. Damit sind gute Voraussetzungen vorhanden, um Bestände mit einer ausgeprägten „Ungleichheit an Alter und Größe“ zu entwickeln, welche Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist.

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20% der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Baumarten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der Nadelbaumarten Tanne, Fichte, Lärche und Zirbe von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind Berg-Ahorn und Vogelbeere.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppe FT* möglichst geschlossen zu halten. Bei Nutzungen oder bei der Einleitung von Naturverjüngungsverfahren sind Bestandeslücken möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, auf denen Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden würden. Tiefwurzelnde Baumarten (Tanne, Lärche, Berg-Ahorn, Zirbe) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher bei Pflegemaßnahmen gefördert werden.

Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration einer möglichen Erosion nach Starkregenereignissen entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, sollte bei Einleitung der Verjüngungsverfahren eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert der Lückengröße überschreiten. Während Fichte nach Stammverletzungen anfällig für Fäule ist, sind Lärche und Berg-Ahorn dahingehend weniger empfindlich und daher länger stabil. Auch weitere Baumarten der *Waldgruppe FT* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Tanne, Zirbe, Vogelbeere, in Zukunft auch Buche). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe und liegende Stämme rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit die Felsbrocken nur gebremst werden und verhindert wird, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus die hinter den liegenden Stämmen abgelagerten Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es also besser auf eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zu achten bzw. durch Pflegeeingriffe entsprechend zu etablieren. Laubbäume mit starken Durchmessern und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

5. BFT – Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte

in der kühlen Mischwaldzone

Tabelle 5.1: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe BFT* – Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte in der kühlen Mischwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
BFT3cg	carbonatisch bis basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig frisch	769 ha / 1,4%
BFT4cg	carbonatisch bis basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	frisch	22.983 ha / 40,3%
BFT5cg	carbonatisch bis basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	sehr frisch	15.100 ha / 26,5%
BFT3rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch	57 ha / 0,1%
BFT45rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	frisch/sehr frisch	18.134 ha / 31,8%

Charakteristika

Verbreitung Die Waldgruppe der Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte (BFT) in der **kühlen Mischwaldzone** kommt auf rund 57.043 ha (5,2 % der Waldfläche) in der Steiermark vor. Es sind das höhergelegene, klassisch als hochmontan bezeichnete Gebirgsstandorte, vor allem in den Kalkalpen der Steiermark, aber auch auf basenreichen Silikatgesteinen der anderen Gebirgsgruppen.

Baumartenspektrum Fichte, Tanne, Lärche, Buche, Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Rot-Kiefer, Zirbe, Birke, Vogelbeere

Gastbaumarten Douglasie

Strukturen In der Waldgruppe sind vielfältige Bestandesstrukturen ausgebildet; in den Steirischen Kalkalpen sind oftmals klassische Fichten-Tannen-Buchen Waldbestände ausgebildet, immer wieder auch mit Lärche; es sind aber auch Nadelbaumreinbestände (Fichte, Fichte-Lärche) weit verbreitet.

5.1 Standorte heute



Abbildung 5.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe BFT – Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte* in der *kühlen Mischwaldzone* der Steiermark. Daten-Basis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BFT – Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte* kommen in der Steiermark in den kühlen Gebirgslagen vor (Abb. 5.1), welche mit der *kühlen Mischwaldzone* korrespondieren. Diese erstreckt sich je nach Wuchsgebiet etwa zwischen 1100 m und 1400 m Seehöhe (Abb. 5.5). Die *Waldgruppe BFT* zeigt in der Steiermark flächenmäßig eine eher geringe Verbreitung und nimmt aktuell 53.442 km^2 ein. Das ist damit zu erklären, dass die *Waldgruppe BFT* vor allem in den Steirischen Kalkalpen auftritt, und in den von silikatischen Grundgesteinen geprägten Gebirgen nur auf den basischen oder basenreichen Gesteinen zu finden ist, auf basenarmen Substraten aber fehlt. Die Buche erreicht in dieser Waldgruppe ihr Limit bezüglich Höhenverbreitung und erzielt somit nur mehr eher geringere Wuchshöhen (bis ca. 20 m). Trotzdem kann Buche auf südseitig exponierten Kalkbraunlehm-Standorten dominant werden und bis 1700 m Seehöhe gedeihen (nicht in der Karte dargestellt).

Die Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe BFT* geringer als in der darunter liegenden mäßig kühlen Mischwaldzone (FTB), weil aktuell Esche hier nicht mehr stockt. Es gedeihen vor allem Fichte, Tanne, Lärche und Buche. Des Weiteren sind Berg-Ahorn, Berg-Ulme, Rot-Kiefer, Zirbe, Birke und Vogelbeere hervorzuheben. Hinsichtlich Berg-Ulme wird angemerkt, dass die vom Ulmensplintkäfer weitverbreitete Pilzkrankheit in der Vergangenheit zu großflächigem Absterben der Bäume geführt hat, und welche auch heute immer noch insbesondere bei mittelalten bis älteren Bäumen zum Ausfall führt.

Nördliche Kalkalpen in der Steiermark

In den Nördlichen Kalkalpen der Steiermark und auch im von karbonatischen Grundgesteinen geprägten Grazer Bergland liegt das Hauptverbreitungsgebiet der *Waldgruppe BFT.* Die Höhenerstreckung der Waldvegetationszone bewegt sich in diesen Lagen zwischen 1100 m und 1400 m Seehöhe (Abb. 5.1 und 5.5).

Silikatische Gebirge der Steiermark

In den von silikatischen Grundgesteinen geprägten Gebirgen der Steiermark ist die *Waldgruppe BFT* ausschließlich auf basischen und basenreichen Substraten ausgebildet. Die Flächenausdehnung ist dort folglich eher geringer.

Unterhang-Standorte der Talschaften in der Waldgruppe BFT

Auf einigen Unterhangstandorten treten innerhalb der *Waldgruppe BFT* spezifische Standortsbedingungen auf, welche das Wachstum der Baumarten Berg-Ahorn und Berg-Ulme begünstigen. Es sind das klassische Ahorn-Standorte, wo es durch die Akkumulation von Mineralboden- und Humusstoffen zu einer Anreicherung von Basen und Nährstoffen kommt, also zu klassischen „Gewinnlagen" im standortskundlichen Sinn. Es sind dort oft Berg-Ahorn - Berg-Ulmen-Waldstandorte zu finden. Diese Standorte können in den Karten nicht räumlich explizit dargestellt werden, sie sind lokal an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Die Höhenerstreckung dieser Standorte liegt zwischen 50 m – 200 m an den Unterhängen.

Relief

Es sind in der *Waldgruppe BFT – Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte* in der kühlen Mischwaldzone der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Mittelhang- und Oberhanglagen dominieren. In den Nordöstlichen Kalkalpen im Ennstal, oberen Mürztal und Salzatal sind meist steile Mittelhang und Oberhanglagen landschaftsprägend. In den Gebirgsgruppen Niedere Tauern, Gurktaler Alpen, Zirbitzkogel, Gleinalpe, Koralpe und Fischbacher Alpen ist das Relief in der kühlen Mischwald-Stufe zwar meist steil ausgebildet, kann allerdings als zumeist gemäßigte Steillage bezeichnet werden. Die Schutzwaldfunktion der Waldbestände der *Waldgruppe BFT* ist überall dort, wo Steillagen mit hohen Felsanteilen ausgebildet sind, von zentraler Bedeutung. In dieser Hinsicht sind vor allem die Kalkalpen in der Steiermark hervorzuheben.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der kühlen Mischwaldzone der *Waldgruppe BFT* betrug im Zeitraum 1989-2018 im Mittel 4,9°C. Alle Waldstandortseinheiten weisen aktuell eine Jahresmitteltemperatur zwischen 4,8 und 4,9°C auf (Abb. 5.2). Die Wärmeversorgung bedingt, dass aktuell in der Waldgruppe noch eine relativ große Baumartenvielfalt ausgebildet ist.

Der **Jahresniederschlag** in der kühlen Mischwaldzone der *Waldgruppe BFT* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 1440 mm. Die Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone ist aufgrund der

relativ hochgelegen Gebirgslagen und dem Verbreitungsschwerpunkt in den Nördlichen Kalkalpen im oberen Bereich angesiedelt. Dabei schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten deutlich, in BFT5cg ist der Wert mit 1.570 mm am höchsten (Kalkalpen), in BFT3rm ist der Wert mit 1.081 mm (Zentralalpen) am geringsten (Abb. 5.2). Grundsätzlich variiert der Jahresniederschlag gemäß den Regionen/Wuchsgebieten der Steiermark.

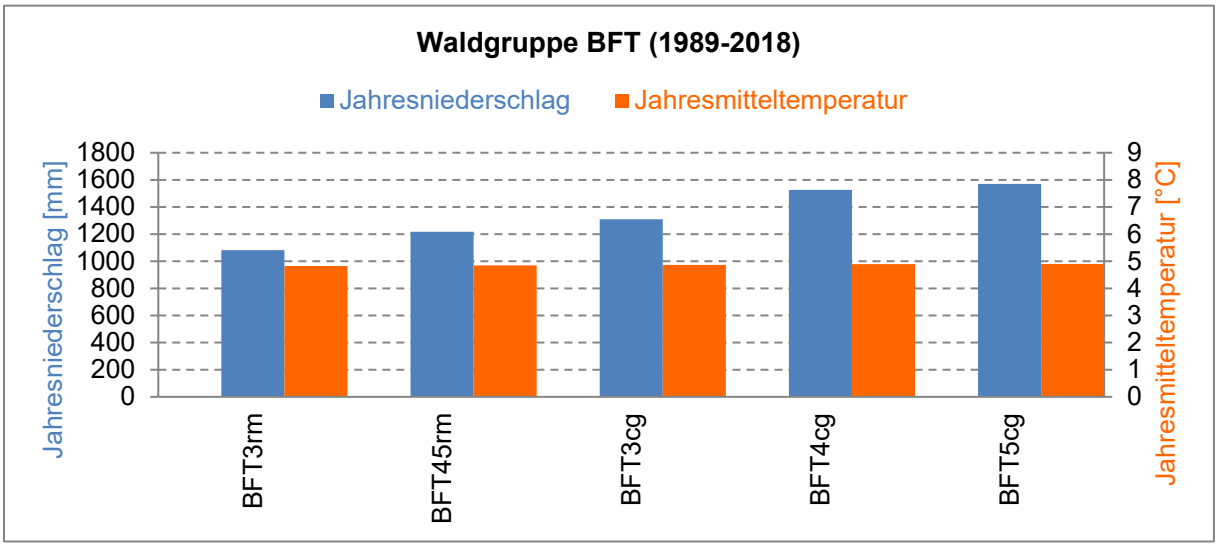


Abbildung 5.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe BFT* für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. In der *Waldgruppe BFT* sind die Wasserhaushaltsstufen „mäßig frisch“ und „frisch bis sehr frisch“ differenziert. Die wichtigste Wasserhaushaltsstufe ist in der *Waldgruppe BFT* aber die zusammengefasste Stufe „frisch bis sehr frisch“ (Tab. 5.1). Es treten in dieser Waldgruppe keine mäßig trockenen Standorte auf. Darüber hinaus kann die Buche feuchte Standorte nicht erschließen.

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab. Buche ist anspruchslos an die Nährstoffversorgung, dennoch ist sie auf Karbonatgesteinen bzw. basenreichen Silikatgesteinen konkurrenzkräftiger. Das ist auch der Grund dafür, dass sie sich in der kühlen Mischwaldzone vor allem auf Karbonatgesteinen und basenreichen Silikatgesteinen etablieren kann. Auf sauren Grundgesteinen der silikatischen Gebirge ist ihre Konkurrenzkraft aktuell bereits zu gering, dort sind Fichten-Tannenwälder (*Waldgruppe FT*) vorherrschend. Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BFT* angezeigt. Die nährstoffreichste Waldstandortseinheit ist BFT45rm, weil in diesem Fall basenreiche Substrate mit einer sehr guten Wasserversorgung gekoppelt sind. Am wenigsten Nährstoffe zeigt die Waldstandortseinheit BFT3cg an, weil die tendenziell nährstoffärmeren Bodentypen auf Karbonatgesteinen mit einer relativ

geringen Wasserversorgung (mäßig frisch) gekoppelt sind. Auf sehr sauren Grundgesteinen (Basenklasse „e“) kann sich Buche nicht erfolgreich etablieren und daher gibt es diese Standorte in der *Waldgruppe BFT* auch nicht. Jene sind in dieser Waldvegetationszone der *Waldgruppe FT* zugeordnet.

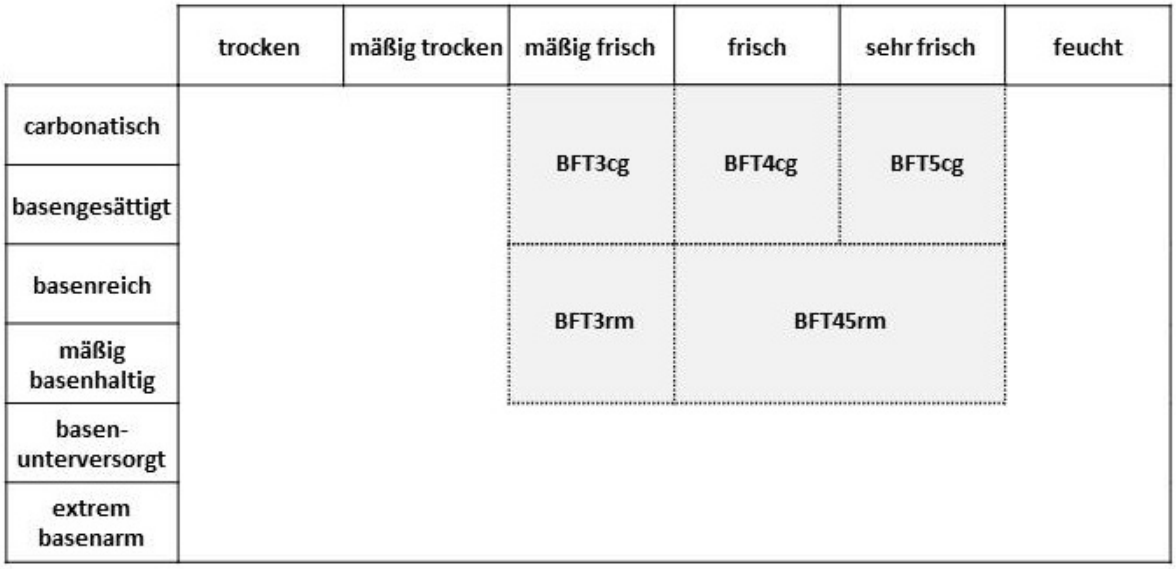


Abbildung 5.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BFT* – Buchen-Fichten-Tannen-Wälder.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 5.3).

5.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einer annähernd gleichbleibenden mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandel-Szenarien, Abb. 5.6) zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BFT* in höhere Lagen der Gebirge in der Steiermark (Abb. 5.5). Die Buche zeigt die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft in der *Waldgruppe BFT* an Bedeutung gewinnen wird. Die *Waldgruppe BFT* wird somit unter Szenario RCP 4.5 auf weiten Flächen in die *Fichten-Tannen-Buchenwald-Gruppe* (*FTB – mäßig kühle Mischwaldzone*) übergehen. In allen Waldbeständen mit einer hohen Vielfalt an Baumarten auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe BFT* wird sich im Zuge der wärmeren Temperaturen die Buche daher besser behaupten können, größere Zuwächse aufweisen und sich folglich auch im Zuge der Naturverjüngung in höheren Mischungsanteilen in den Waldbeständen etablieren können.

Es ist zu betonen, dass die Baumarten in der *Waldgruppe BFT* in der Klimazukunft ihre Standorts-Tauglichkeit bewahren werden können, allerdings werden sich die Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten verändern. Buche, Tanne und Berg-Ahorn werden dabei zu Gewinnern der neuartigen Standortsverhältnisse (erhöhter Temperaturgenuss). In der kühlen Mischwaldzone profitieren aber in der Regel alle Baumarten von höheren Temperaturen während der Vegetationsperiode.

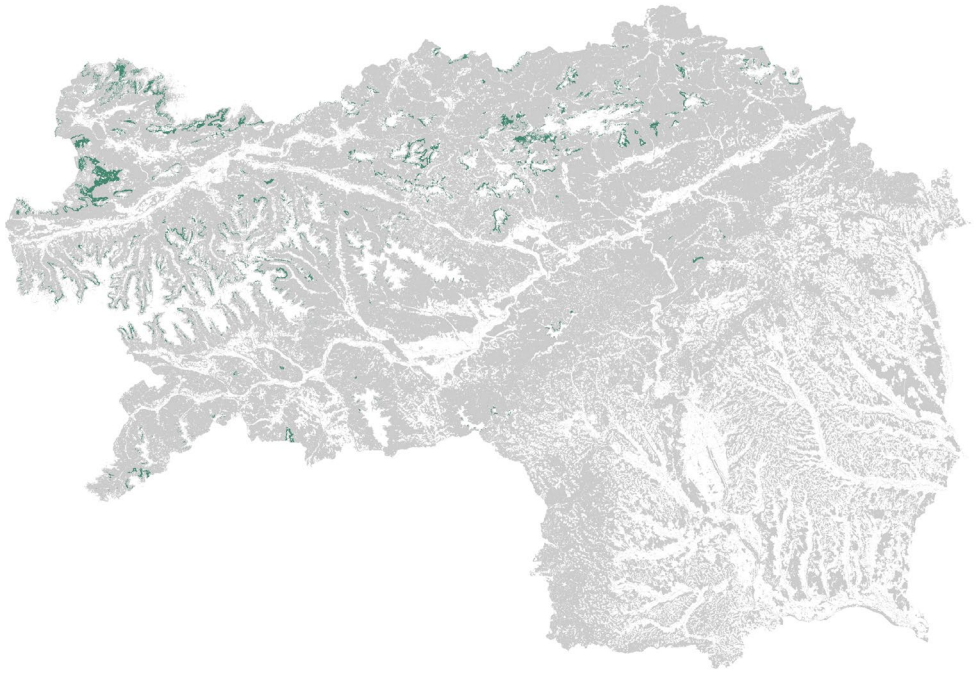


Abbildung 5.4: Verbreitung der *Waldgruppe BFT* der kühlen Mischwaldzone in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

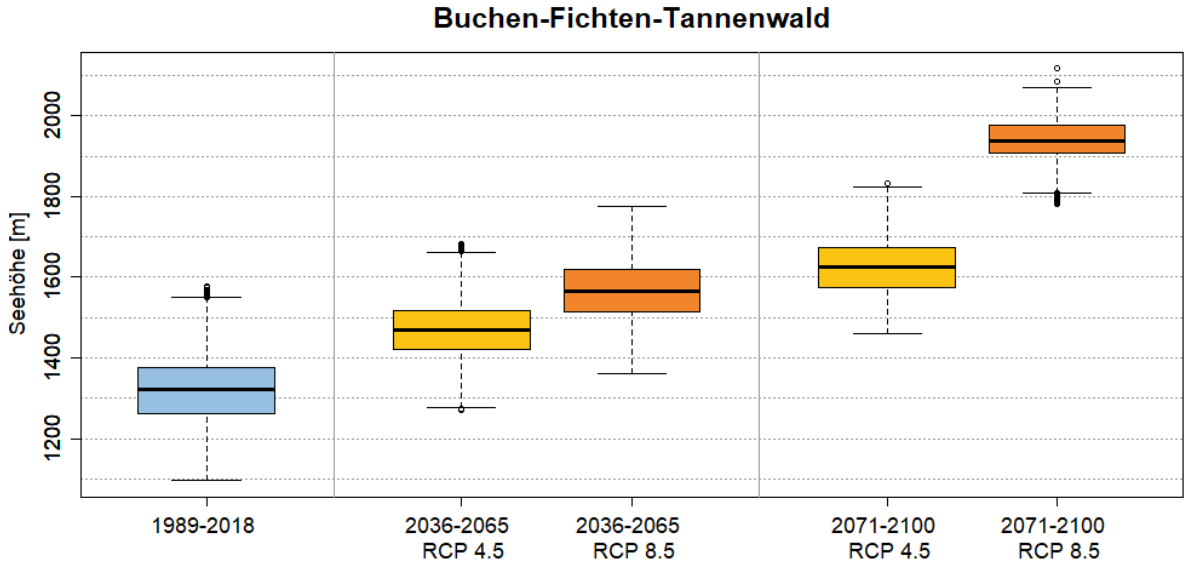


Abbildung 5.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe BFT* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

In der kühlen Mischwaldzone der *Waldgruppe BFT* ist laut Klimaszenarien ein deutlicher Anstieg der Jahresmitteltemperatur zu erwarten, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 5.2). Die Veränderung der Jahresmitteltemperatur von aktuell 4,9 °C auf 6,9 °C im Jahr 2085 unter RCP 4.5 würde den Werten der mäßig kühlen Mischwaldzone (*Waldgruppe FTB*) entsprechen, jene auf 8,3 °C unter RCP 8.5 würde den Werten der milden Laubwald-Zone (*Waldgruppe EB*) entsprechen (Tab. 5.2).

Tabelle 5.2: Änderung der Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagssumme in der Waldgruppe BFT.

Zeitlinie	**1989 - 2018**	**2085 (RCP 4.5)**	**2085 (RCP 8.5)**
Jahresmitteltemperatur (°C)	4,9 °C	6,9 °C	8,3 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	1440 mm	1536 mm	1490 mm

Je nach Szenario würde entweder BFT45rm (6,9°C bei RCP 4.5) oder BFT3rm (8,2°C bei RCP 8.5) die niedrigste Jahresmitteltemperatur aufweisen. In beiden Fällen würde BFT5cg den höchsten Wert zeigen (6,9°C bzw. 8,3°C). Der Jahresniederschlag würde in BFT5cg am größten (1.672 mm bzw. 1.621 mm) und in BFT3rm am kleinsten sein (1.160 mm bzw. 1.141 mm) (Abb. 5.6).

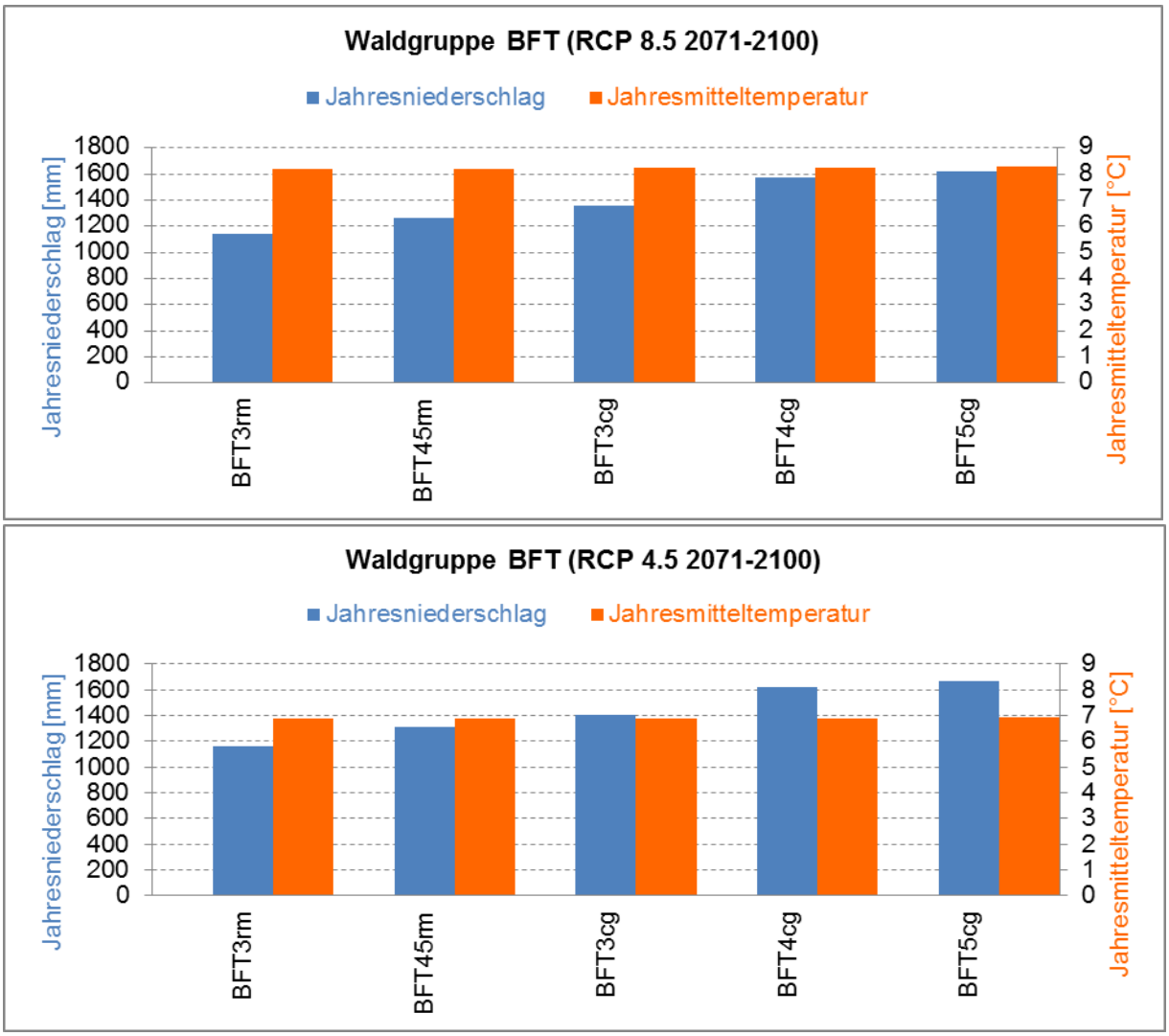


Abbildung 5.6: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe BFT* für den Zeitraum 2071-2100 für die Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 für die Steiermark.

5.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf Standorten des BFT3cg kann Vergrasung als Folge von großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf Standorten des BFT45rm können wiederum Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Versauerung des Bodens stellt auf den karbonatischen oder basenreichen Standorten der *Waldgruppe BFT* in der Regel kein Problem dar. Dennoch, so es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens darstellen (Scherzinger 1996). Auch in der *Waldgruppe BFT* stellt das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe BFT* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt, was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden.

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandortseinheiten BFT3cg und BFT45cg, welche flachgründige Rendzinen auf Kalken und Dolomiten aufweisen können. Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humusmaterial in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Eine dauerhafte Bestockung kann sich auf diesen Standorten daher auf die Erhaltung der Standortsgüte besonders gut auswirken.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe BFT* aufgrund der Höhenlage selten, können aber im Zuge von Extremereignissen auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische Schneefall-Ereignisse, wodurch Wipfelbruch bei Buche und Fichte auftraten. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichten-Stangenhölzer, da der schwere Schnee auf dem einschichtigen Kronendach abgelagert wird (z.B. Kalberer 2007). Tannen können dem offensichtlich besser widerstehen, wie die deutlich geringeren Schäden an dieser Baumart nach dem massiven Schnee- und Eisanhang Ereignis 2014 im Süden Österreichs und in Slowenien gezeigt haben. Grundsätzlich zählen die Laubbaumarten und somit auch Buche zu den besonders Schneebruch-resistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten und von Lärche in der Waldgruppe hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann Buchenkronen erheblich schädigen. Aufgrund der Höhenlage der *Waldgruppe BFT* weist dieses Gefährdungsszenario allerdings eine äußerst geringe Eintrittswahrscheinlichkeit auf.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe BFT* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäule-Bildung, bei Buche Rotkern-Bildung und Weißfäule). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe BFT* mit

großer Häufigkeit in den Kalkalpen der Steiermark auf, allerdings ist Steinschlag-Gefahr auch in den anderen Gebirgsgruppen möglich.

Waldbrand: In der *Waldgruppe BFT* ist nur eine geringfügige Waldbrandgefahr gegeben, was vor allem auf die kühleren Temperaturen und hohen Niederschläge in der Höhenzone zurückzuführen ist. Trotzdem sind während lange andauernden Trockenperioden auf sonnseitigen und mäßig frischen Standorten der Waldstandortseinheiten BFT3cg und BFT3rm Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um die Entstehung von Waldbränden zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände aber auch schattseitig auftreten, Nadelbaumreinbestände auf Standorten mit großen Moderhumusauflagen zeigen dabei die höchste Gefährdung an.

Trockenheit: In der *Waldgruppe BFT* ist das Risiko von Trockenschäden an den Waldbeständen aufgrund der Höhenzone relativ gering. Trotzdem kann während lange andauernden Hitzeperioden in großen Bestandeslücken direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung führen. In der *Waldgruppe BFT* ist das Auftreten von Trockenstress und mögliche Trockenschäden an Waldbeständen besonders auf den mäßig frischen (BFT3cg und BFT3rm) und sonnseitigen Standorten gegeben. Am stärksten anfällig dafür sind Fichtenreinbestände, aber auch Buche reagiert darauf empfindlich. Sehr lange andauernde Trockenperioden führen auf allen Standorten der Waldgruppe zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016).

Insekten: Die kühle Mischwaldzone birgt aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine geringere Gefahr für Borkenkäferkalamitäten als tiefer gelegene Waldgruppen. Trotz dieser Ausgangslage kam es in der jüngeren Vergangenheit bereits zu Borkenkäferkalamitäten an Fichte. Aktuell sind daher von Fichte dominierte Bestände in der *Waldgruppe BFT* durch Borkenkäfer gefährdet (insbesondere Buchdrucker, weniger Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden und den damit für eine Borkenkäfermassenvermehrung verbundenen besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoringmaßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind in der *Waldgruppe BFT* auf allen Standorten, auf denen Bestände mit einem hohen Fichtenanteil stocken, empfohlen.

An Buche verursachen der zweifärbige Buchen-Borkenkäfer, der Buchen-Prachtkäfer und die Buchen-Wolllaus Schäden, die aber derzeit betriebswirtschaftlich nicht bedeutend sind.

Für Tanne sind aktuell Gefahren bezüglich Schädlingsbefall vor allem im Hinblick auf die Tannentrieblaus gegeben. Während die Weiß-Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weiß-Tannentrieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeschleppten Arten, die Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia merkeri*), als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999).

Pilzerkrankungen: Wurzelfäule-Erreger an **Buche** sind Riesenporling (*Meripilus giganteus*) und Hallimasch (*Armillaria mellea*). Buchenkrebs (*Nectria galligena*), Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) und die Krautfäule-Erreger (z.B. die Buchenkeimlingskrankheiten *Phytophtora cactorum*

und *Pythium spp.*) können ebenfalls lokal zu einem Problem werden (Ebner und Scherer 2001; Altenkirch et al. 2002).

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnten auch schon ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall bedingt absterben.

In der folgenden Abb. 5.7 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe BFT* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

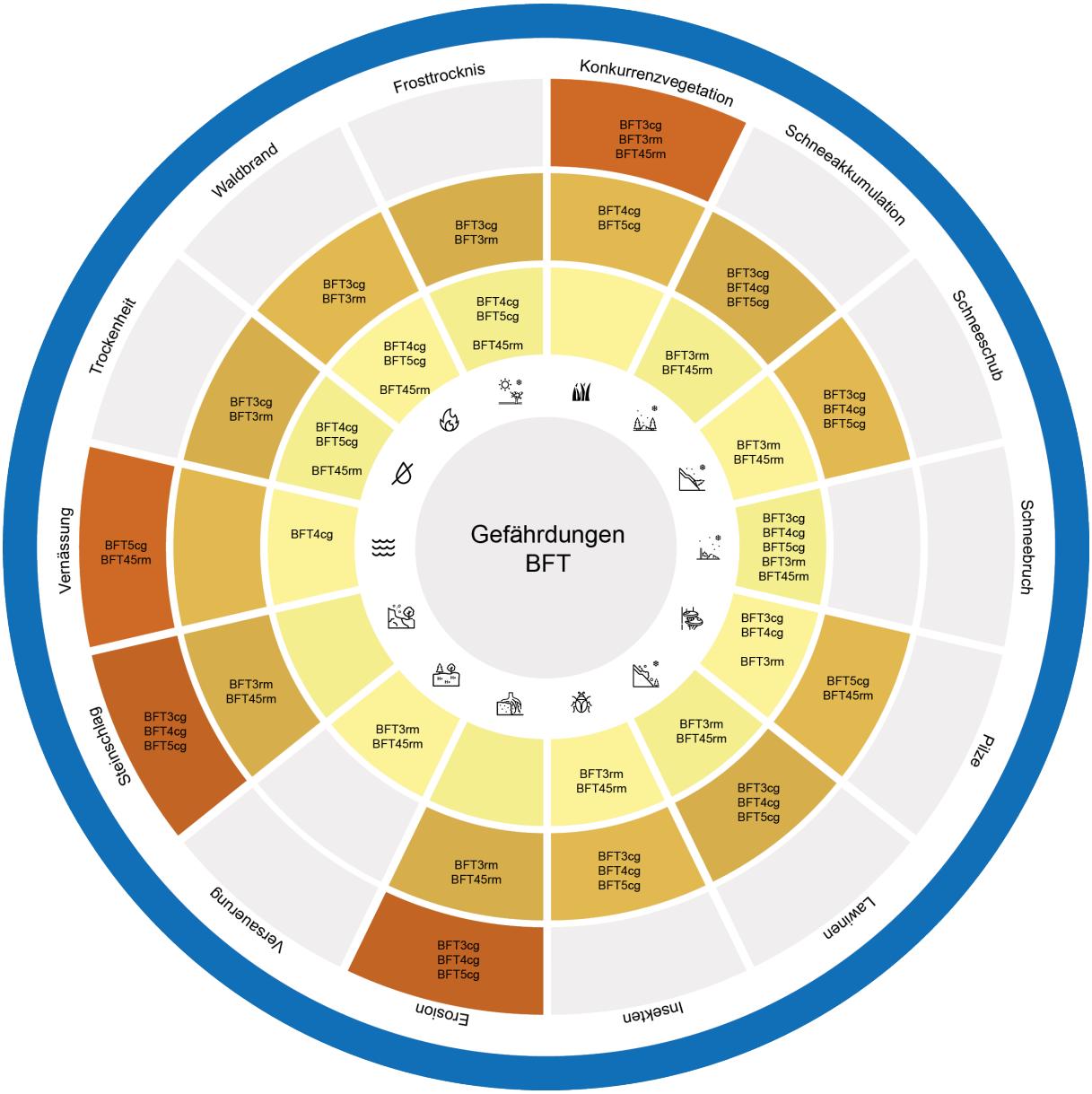


Abbildung 5.7: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BFT.*

5.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen auch in der *Waldgruppe BFT* steigende Bestandesrisiken und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 5.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe BFT* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe BFT*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe BFT* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe BFT* in der *kühlen Mischwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Stabilität, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel (Abb. 5.8) aufgrund der Höhenlage und der Präsenz der Laubbaumarten Buche, Vogelbeere, Berg-Ulme und Berg-Ahorn in spezifischer Form gegeben. Dazu ist in allen Fällen die Ausgangslage zu beachten, also die Frage, ob es sich aktuell um Fichten-Tannen-Buchen-Waldbestände oder um Fichten-Lärchen- oder reine Fichtenbestände handelt. In diesem Kapitel wird diesen unterschiedlichen Ausgangslagen Rechnung getragen und alle empfohlenen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

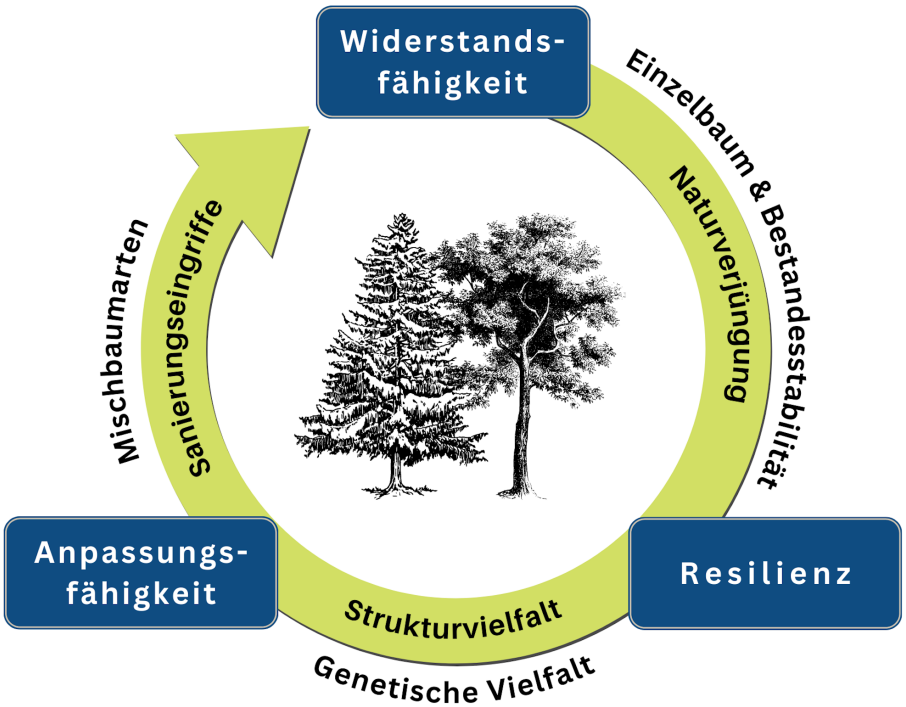


Abbildung 5.8: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

5.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Dabei ist die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppe BFT* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Resilienz zu verbessern.

Auch die Buche ist in dieser Waldvegetationszone noch soweit konkurrenzstark, dass sie sich, so sie in der Baumschicht vorhanden ist, mittels Naturverjüngung etablieren kann.

Tanne ist auf allen Standorten der *Waldgruppe BFT* konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn sie im Altbestand vorhanden ist und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Die Ausbreitung von Tannensamen durch Vögel kann bei Vorhandensein von Samenbäumen einen relativ großen Raum durch Naturverjüngung abdecken.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe BFT* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich, besonders auf schattseitigen Standorten der Waldgruppe, immer wieder qualitativ und quantitativ stark. Die Naturverjüngung spielt für Lärche in dieser Höhenzone bereits eine große Rolle. Beimischung von Lärche mittels Kunstverjüngung ist aber in der *Waldgruppe BFT* dennoch immer wieder von Bedeutung, um den Mischungsanteil zu erhöhen.

Alle Mischbaumarten der *Waldgruppe BFT* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens in der Regel bei waldökologisch tragfähigem Verbissdruck mittels Naturverjüngung etablieren, Berg-Ahorn und Berg-Ulme vor allem auf Unterhängen oder auf den weiteren Standorten in Einzelmischung, Birke zumeist auf sonnigen Kahlflächen, Rot-Kiefer auf mäßig frischen Rücken oder Kuppen, Zirbe auf besonders kühlen Standortskomplexen oder im Zirben-Bestandsgürtel und Vogelbeere auf allen Standorten. Dort wo Samenbäume nicht ausreichend vorhanden sind, muss die Baumartenvielfalt durch Pflanzung erhöht werden. Bei der künstlichen Einbringung von Mischbaumarten sind diese wirksam gegen Wildverbiss zu schützen, weil ansonsten diese Baumarten bei den derzeitigen Schalenwildbeständen nicht erfolgreich etabliert werden können. Grundsätzlich ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen als Voraussetzung für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel zu sehen.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe BFT* von zentraler Bedeutung für die Erhaltung und Förderung der Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die in der *Waldgruppe BFT* vorkommenden Baumarten ermöglichen dabei die Gestaltung von gemischten Waldbeständen und eine erhöhte Flexibilität nach dem Auftreten von Störungen. Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Auch dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs der Waldbestände vermindert werden.

Einzelbaum-und Gruppenstabilität

In **Fichten-Tannen-Buchen-Lärchen-Beständen** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen (H/D < 0,8) empfohlen. Buche wird in der *Waldgruppe BFT* nur selten Wertholz-Tauglichkeit erzielen, weil sie bereits an ihrem Limit bezüglich der Wärmeversorgung ist (kühle Mischwaldzone). Dennoch ist zumeist eine gezielte Auslesedurchforstung zur Förderung stabiler Buchen-Individuen hilfreich für den Erhalt der Baumart und die Stärkung der Stabilität der Waldbestände. Durch die Förderung von stabilen und vitalen Individuen von Tanne, Lärche und Fichte kann ein wesentlicher Beitrag für die Gestaltung von resilienten Waldbeständen erfolgen. Die Tanne erschließt vor allem tiefgründige Böden der Waldgruppe hervorragend und kann dort beachtliche Dimensionen erzielen. Die Förderung der Bestandesstabilität erfolgt insbesondere durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzel-System, wodurch Tanne als Stabilitätsträger die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen und Nassschnee zu erhöhen vermag. Daher ist die Präsenz von kräftigen Tannen mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität von Waldbeständen. Die Lärche kann besonders auf Standorten mit gut durchlüfteten Böden gute Dimensionen erzielen und stärkt, wiederum mittels ihres tiefreichenden Wurzelsystems, die Bestandesstabilität. Fichte in Mischung mit Tanne, Lärche und auch Buche vermag die Standorte der Waldgruppe besser zu erschließen, weil Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten in die Biomasse-Humus-Zirkulation (Recycling) eintreten.

Vor allem in den weit verbreiteten **Fichten-Lärchen-Beständen** der Steiermark ist auf eine hohe Einzelbaum-Stabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann, was besonders gut gelingt, wenn sie in trupp- bis gruppenweiser Mischung aufwächst.

In älteren einschichtigen **Fichtenreinbeständen** mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D - Werte > 0,8) wird empfohlen, instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen. In jüngeren Fichtenreinbeständen kann durch eine mäßige und wiederholte Auslesedurchforstung die Einzelbaumstabilität erhöht werden.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Borkenkäfer-Vermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** auch in der *Waldgruppe BFT* in der kühlen Mischwaldzone betroffen. Trotz der relativ kühlen Temperaturen in dieser Waldvegetationszone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten von etwaigem Borkenkäferbefall zu legen. Grund dafür sind die regional weit verbreiteten Fichten-Waldbestände in Kombination mit den steigenden Jahresmittel-Temperaturen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Mischwaldbestände sind in der kühlen Mischwaldzone die beste Strategie, um langfristig der Borkenkäfer-Gefährdung zu begegnen.

Dazu werden für die verschiedenen Standorte in der *Waldgruppe BFT* geeignete klimafitte Mischungstypen definiert.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen und verbreitet Spätfrost-Schäden auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*), insbesondere entlang der Mur- Mürzfurche, dokumentiert. Rechtzeitiges Entfernen der von Bockkäfer befallenen Lärchen kann den Populationsdruck verringern. Durch waldbauliche Maßnahmen können allerdings weder die Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche vermieden werden.

Die **Buche** kann vor Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer mittels Vermeiden von plötzlichen Freistellungen und der daraus resultierenden verminderten Anfälligkeit der Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden bewahrt werden. Darüber hinaus wird dadurch auch die Entwicklung von „Buchen-Sonnenbrand“ vermieden.

Für **Tanne** sind Gefahren bezüglich eines Schädlingsbefalls mit der Tannentrieblaus durch das Vermeiden einer plötzlichen Freistellung von Tannen-Jungwuchs/Dickungen vermeidbar. Die Schattbaumart Tanne ist am besten unter Schirm zu verjüngen.

5.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe BFT* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels, in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen, in abgeschwächter Form gegeben. Allerdings sind reine Fichtenbestände in der Klimazukunft unter den veränderten Rahmenbedingungen auch einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Die heutige *Waldgruppe BFT* wird sich aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges auf weiten Flächenanteilen in die *Waldgruppe FTB* – Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte (mäßig kühle Mischwaldzone) verändern. Das bedingt, dass die Buche in der Klimazukunft auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe BFT* eine erhöhte Tauglichkeit aufweisen wird und damit auch ein erhöhter Mischungsanteil zu erwarten ist.

Um die optimale Anpassungsfähigkeit der Waldökosysteme im Klimawandel sicherzustellen, ist in der Höhenzone aktuell vor allem auf die Erzielung von stabilen und möglichst gemischten Waldbeständen zu achten. Auf den ausgewiesenen Standorten der heutigen *Waldgruppe BFT* kann man aktuell mit dem Etablieren von passenden klimafitten Mischungstypen beginnen, und zwar unter verstärkter Berücksichtigung von Buche, Berg-Ahorn, Lärche und Tanne. Es ist vor allem auf die Überführung von Fichtenreinbeständen in klimafitte Mischungstypen Augenmerk zu legen. Auch auf Standorten der *Waldgruppe BFT*, wo Buche aktuell noch nicht vorkommt, wird das künstliche Einbringen dieser Baumart in die Waldbestände empfohlen. Im folgenden Kapitel werden unter der Rubrik „klimafitte Mischungstypen“ waldbauliche Strategien für die *Waldgruppe BFT* beschrieben.

Genetische Vielfalt erhalten

Bei Durchforstungen ist der Erhaltung der genetischen Vielfalt Rechnung zu tragen. Die Förderung von Mischbaumarten, die dem Zielbestand (Klimafitter Mischungstyp) entsprechen, erhöht die Anpassungsfähigkeit. In Fichten-/Lärchen-Jungwuchs- bzw. Dickungs-Beständen sollten nachträglich gruppenweise standorttaugliche Baumarten eingebracht werden, um die Erhöhung der langfristigen Produktivität und Stabilität zu erzielen. In der *Waldgruppe BFT* ist die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist an die spezifischen Wuchsbedingungen der Höhenzone angepasst.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Kunstverjüngungs-Maßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppe BFT* muss dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumarten-Kombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Mischwaldbestände), während in den reinen Nadelbaumbeständen die Beimischung von Laubbaumarten oder von Tanne notwendig werden wird. Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben.

Achtung: Bitte überprüfen sie in der digitalen Standortskarte die Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BFT*. Es ist zu beachten, welche zukünftigen Waldstandortseinheiten für die Waldgruppe simuliert worden sind, unterschieden in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085. Aufgrund dessen können sie den für sie am Besten passenden klimafitten Mischungstyp auswählen (Tab. 5.3). Wesentlich ist dabei, zu beachten, dass die Baumarten aller definierten klimafitten Mischungstypen bereits heute und auch in der Klimazukunft Standortstauglichkeit aufweisen. Das ist die wesentliche Grundlage für die waldbauliche Umsetzung der Empfehlungen in der Gegenwart.

Fi - Ta - Bu

In der *Waldgruppe BFT* erlaubt die Mischung von Fichte, Tanne und Buche eine verbesserte Anpassungsfähigkeit im Klimawandel, als reine Fichtenbestände. Tanne bringt Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und Nassschnee und erschließt die Nährstoffvorräte tiefliegender Bodenschichten. Buche und Tanne sind schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken, was die Fähigkeit zur raschen Bestockung nach Schadereignissen verbessert. Fichte profitiert von der Mischung und kann ihre bekannten Vorzüge besser entwickeln als im Reinbestand.

Lä - Ta - Bu

Die Mischung von Lärche, Tanne und Buche ist als anpassungsfähig im Klimawandel zu bezeichnen und besonders auf schattseitigen Steilhängen tauglich. Eine erwünschte Strukturvielfalt der Waldbestände ist durch die Tanne leichter zu erzielen, weil sie als Schattbaumart die Entwicklung einer vertikalen Bestandsstruktur erlaubt. Lärche als Lichtbaumart ist in Kombination mit den anderen Baumarten am besten trupp- bis gruppenweise einzubringen. Lärche und Tanne bieten darüber hinaus mit ihren tiefreichenden Wurzelsystemen Stabilität gegenüber Sturm und erlauben eine Nadelwertholz Produktion. Die Buche erhöht die Anpassungsfähigkeit der Waldbestände und ermöglicht eine verbesserte Humusbildung.

Fi - Ta - Lä - Bu

Fichte, Tanne, Lärche und Buche im Verband sind in der *Waldgruppe BFT* als besonders klimafit beschreibbar, er erlaubt die Kombination der Vorteile der zuvor beschriebenen Mischungstypen. Einerseits trägt die Mischung mit den drei Nadelbaumarten besonders effizient zur Bestandesstabilisierung bei (tiefwurzelnde Tanne und Lärche), andererseits bieten sie ein breites Nutzungspotenzial. Die Buche erhöht die Anpassungsfähigkeit der Waldbestände und ermöglicht eine verbesserte Humusbildung.

Zi - Ta - Fi - Bu

Auf vereinzelten Standorten in der *Waldgruppe BFT*, wo besonders kühle Bedingungen herrschen, kann aktuell Zirbe beigemischt auftreten. Eine klimafitte Mischung auf solchen Standorten besteht aus Zirbe, Tanne, Fichte und Buche. Aktuell stockende Zirben können mittels Sicherung ihres Wuchsraumes (Verminderung der Konkurrenz durch Fichte und anderen Baumarten) erhalten werden. Für die Neubegründung von Zirbe wird die Versorgung mit ihren artspezifischen Mykorrhiza-Pilzen empfohlen, um ein stabiles Wachstum sicherzustellen. Tanne stabilisiert die Standorte mittels ihres Pfahlwurzelsystems und liefert gemeinsam mit Fichte und Zirbe Nadelwertholz. Buche bereichert den Standort im Hinblick auf die Humusbildung und die klimatische Anpassungsfähigkeit.

BAh - Ta (- BUl) (auf Unterhangstandorten)

Auf Unterhangstandorten ist die Mischung von Berg-Ahorn, Tanne und eventuell Berg-Ulme eine stabile Alternative (zumindest regional Einschränkung durch Ulmensterben). Berg-Ahorn kann beachtliche Dimensionen erzielen und Wertholz liefern, Tanne gedeiht auf den Standorten sehr wüchsig. Berg-Ulme kann im Falle von resistenten Individuen (gegen den Ulmen-Splintkäfer bzw. die Ulmenwelke) ebenfalls Wertholz-taugliche Sortimente erzielen. Waldökologisch tragfähige Wildstände vorausgesetzt, können sich alle drei Baumarten mittels Naturverjüngung etablieren. Sollten aber keine Samenbäume in der Nähe sein, müssten die drei Baumarten mittels Kunstverjüngung eingebracht werden.

Tabelle 5.3: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe BFT* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedlicher zukünftiger Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	**Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
alle BFT Standorte (aktuell)	BFT, FTB, BU	Fi - Ta - Bu
		Fi - Ta - Lä - Bu
Kalte Regionen (z.B. Täler in den Niederen Tauern)	BFT, FTB	Zi - Ta - Fi - Bu
Schattseitige und steile Hänge	BFT, FTB, BU	Lä - Ta - Bu
Unterhangstandorte	BFT, FTB, BU	BAh - Ta - BUl

*sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Aus der kombinierten Betrachtung der aktuellen Baumartenanteile und der zukünftigen Baumarteneignung kann die Dringlichkeit für die Überführung in einen klimafitten Mischungstyp einfach abgeschätzt werden. Zum Beispiel ergibt die Summe aus den Produkten der aktuellen Baumartenanteile (z.B. aus dem Operat oder in einem spezifischen Waldbestand) mit den Eignungswerten der jeweiligen Baumarten für 2085 einen näherungsweisen Wert für die Bestandeseignung (siehe Tab. 5.4). Dieser errechnete Wert der Bestandeseignung kann noch um die Beurteilung der vorhandenen Strukturparameter ergänzt werden (Bestandesschichtung, Einzelbaumstabilität, Kronenlänge).

Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände in der *Waldgruppe BFT* in der Klimazukunft eine geringe Baumarteneignung. Abhängig vom Wuchsgebiet und der Seehöhe können diese Bestände daher in passende klimafitte Mischungstypen überführt oder umgewandelt werden.

Sehr hohe Dringlichkeit: Eine Bestockung mit nur einer Baumart kann in der *Waldgruppe BFT* mit regelmäßigen Eingriffen im Turnus von 5-10 Jahren schrittweise in einen klimafitten Bestand überführt werden: Die Eingriffe können umso kräftiger ausfallen, je höher die Einzelbaum-Stabilität ist (H/D < 0,8 und Kronenlänge > 50%). Die Förderung von 150-200 Z-Bäumen pro ha wird empfohlen. Ist die Einzelbaum-Stabilität im Mittel geringer, sollten nur 50-100 Z-Bäume gefördert werden. Alle Eingriffe haben zum Ziel, die Struktur und damit die Bestandesstabilität zu erhöhen, sowie die erwünschten Baumarten am Standort zu fördern. In einschichtigen, labilen Nadelbaumbeständen werden instabile Gruppen entnommen. In diesen Lücken muss frühzeitig mit geeigneten Baumarten der zukünftigen Mischungstypen künstlich verjüngt werden.

Hohe Dringlichkeit: Sukzessive Entnahme von instabilen Baumindividuen, um Bäume mit höheren Stabilitätswerten zu fördern. Dabei sollte eine zu schnelle Freistellung von vorhandenen und zu fördernden Buchen vermieden und pro Eingriff nur 1-2 Bedränger entnommen werden (Auslese-Durchforstung). Auf geeigneten Unterhangstandorten ist Edellaubholz im Stangenholz- bzw. jungen Baumholz-Stadium stärker zu fördern, um eine adäquate Kronenentwicklung noch zu ermöglichen. In überdichten Fichtenbeständen erfolgt eine Stammzahlreduktion mit dem Ziel, stabile Einzelbäume und Gruppen zu fördern und mittelfristig den H/D-Wert der Bäume zu verbessern.

Geringe Dringlichkeit: Reduktion/Entnahme von instabilen Baumindividuen sowie Förderung der Bestandesstabilität im Turnus von > 10 Jahren.

Tabelle 5.4: Beispielhafte Herleitung der Dringlichkeit für die Überführung von Waldbeständen in der *Waldgruppe BFT*.

Aktueller Mischungstyp	Anteil am aktuellen Bestand	Baumarteneignung 2085 laut Wald-typenbeschreibung	Mittlere Bestandes-eignung	Dringlichkeit für Überführung 1 = sehr hoch (Eignung 0-3,9) 2 = hoch = (Eignung 4-7,9) 3 = gering = (Eignung 8-10)	Empfohlener Zeitrahmen 1 = 20-40 Jahre 2 = 40-60 Jahre
Fichte	20%	3	20% * 3	Eignung = 6 → Dringlichkeit = 2 (hoch)	1 oder 2, abhängig von Struktur und Einzelbaum-stabilität
Tanne	20%	6	+ 20% * 6		
Buche	60%	7	+ 60% * 7		
			= 6		

5.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe BFT* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe FTB* vorherrschen werden, also auf den betreffenden Standorten es zu einer Veränderung von der kühlen Mischwaldzone in die mäßig kühle Mischwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand ausgeführt, darüber hinaus wurden für alle diese drei Optionen die Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert.

In der Tab. 5.5 sind Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Fichte-Tanne-Buche für Fichtenreinbestände unter Anwendung von zwei verschiedenen Waldbaukonzepten (Femelhieb und Saumschlag) und in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse ausgeführt, die Ausgangslage ist jeweils ein einschichtiger Fichtenbestand (100 % Fichte). Als Zusatz ist auch die Entwicklung dieser Baumartenmischung im Sinne eines Dauerwaldkonzepts ausgeführt.

In Tab. 5.6 sind Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in Zirben–Fichten - Waldbeständen der kühlen Mischwaldzone (*Waldgruppe BFT*) in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse ausgeführt. Die Ausgangslage ist 50 % Zirbe, 50 % Fichte – einschichtiger und gleichaltriger Waldbestand, Lage in Zirbenwald-Regionen der Steiermark. Die erste Option umfasst die Überführung in einen Zirben-Tannen-Fichten-Buchen – Bestand mittels Lochhieben, die zweite Option die Überführung in einen Zirben-Lärchen-Buchen – Bestand mittels Saumschlägen.

In Tab. 5.7 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in Fichten-Lärchen - Waldbeständen der kühlen Mischwaldzone (*Waldgruppe BFT*) in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse dargestellt. Die Ausgangslage ist 60 % Fichte, 40 % Lärche – gleichaltriger und einschichtiger Waldbestand, Lage in den Gebirgen der Steiermark. Die erste Option umfasst die Überführung in einen Lärchen-Buchen-Tannen-Fichten – Bestand mittels Lochhieben, die zweite Option die Überführung in einen Lärchen-Buchen-Tannen-Fichten – Bestand mittels Saumschlägen.

Tabelle 5.5: Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Fichtenreinbeständen in den klimafitten Mischungstyp Fichte-Tanne-Buche.

BFT – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **Fi-Ta-Bu**-Bestände durch **Femelhiebe**	Überführung in **Fi-Ta-Bu**-Bestände durch **Saumschläge**
Bewahren von stabilen Fichten, Etablierung Tanne und Buche auf Femelhiebsflächen mittels Pflanzung. **Ziel:** Fichte 40 %, Tanne 30 %, Buche 30 %, U = 120-150 Jahre	Keine Eingriffe in bestehende Fichtenbestände, Etablierung Fichte, Tanne und Buche auf den Saumschlagflächen mittels Pflanzung. **Ziel:** Fichte 60 %, Tanne 20 %, Buche 20 %, U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Pflanzung Ta und Bu, vitale Fi aus Naturverjüngung übernehmen: Pflanzung Ta und Bu in Bereichen, wo Lücken im Jungwuchs sind oder wo weniger vitale Fi entnommen werden. Achtung auf Bestockungsziel.	**Pflanzung Ta und Bu,** vitale Fi aus Naturverjüngung übernehmen: Naturverjüngung von Fi prüfen, Pflanzung Ta und Bu in Bereichen, wo Lücken im Jungwuchs sind oder wo weniger vitale Fi entnommen werden.
Dickung	
Mischungsregulierung und **Pflanzung**: Etablierung von vitalen Fi, Entfernung von wenig vitalen Fi, Mischungsregulierung zugunsten Mischbaumarten auf der Dickungsfläche, Nachbesserung von Ta und Bu in Lücken.	**Mischungsregulierung** und **Pflanzung:** Etablierung von vitalen Fi, Entfernung von wenig vitalen Fi, Mischungsregulierung zugunsten Mischbaumarten auf der Dickungsfläche, Nachbesserung von Ta und Bu in Lücken.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi, konsequente Förderung von Mischbaumarten).	**Entfernung von kranken oder instabilen Fi, sowie Stabilitätsförderung:** Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi, konsequente Förderung von Mischbaumarten).
Baumholz	
Femelhiebe (Fi) in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: 1,5-2 Baumlängen Durchmesser aufgrund der Höhenlage, Voranbau von Ta unter Schirm; auf den entstandenen Freiflächen gruppenweise Pflanzung von Bu; Fi über Naturverjüngung etablieren.	**Nutzung von hiebsreifem Baumholz in Saumschlägen**, mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung; Pflanzung nach Schlagruhe: Etablierung von Ta und Bu am Innensaum; Fi am Außensaum, gruppenweiser Voranbau von Ta und Bu unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fichtenreinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Fi, Ta und Bu überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta und Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 5.6: Anpassungsoptionen zur Überführung von Zirben-Fichten-Beständen in den klimafitten Mischungstyp Zirbe-Tanne-Fichte-Buche oder Zirbe-Lärche-Buche.

BFT – Anpassungsoptionen für Zirben-Fichten-Bestände	
Überführung in **Zi-Ta-Fi-Bu**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Zi-Lä-Bu**-Bestände durch **Saumschläge**
Nachhaltige **Sicherung des Zirben-Anteils**; Beginn der Etablierung von Tanne und Buche mittels **Lochhieben**: **Ziel:** Zirbe 50 %, Tanne 20 %, Fichte 20 %, Buche 10 %; U = 150-250 Jahre	Nachhaltige **Sicherung des Zirben-Anteils**; Etablierung von Lärche und Buche mittels kleinflächigem **Saumschlagverfahren**: **Ziel:** Zirbe 60 %, Lärche 30 %, Buche 10 %; U = 150-250 Jahre
Jungwuchs	
Bewahrung von Zi, Pflanzung von Bu und Ta auf Jungwuchsflächen/Lücken oder nach Entnahme von Fi. Zi wird in separaten Gruppen bewahrt. Die Zi-Gruppen müssen groß genug sein, um überlebensfähig zu bleiben (Konkurrenz); eventuell auch Pflanzung von Zi.	**Bewahrung von Zi, Pflanzung von Lä und Bu** auf Jungwuchsflächen/Lücken oder nach Entnahme von Fi. Zi wird in separaten Gruppen bewahrt. Die Zi-Gruppen müssen groß genug sein, um überlebensfähig zu bleiben (Konkurrenz); eventuell auch Pflanzung von Zi.
Dickung	
Moderate Mischungsregulierung und Pflanzung von Ta, Bu (und Zi) in bestehenden Lücken, eventuell Entnahme von Fi (Achtung auf Bestockungsziel und Größe der Zi-Gruppen).	**Belassen von Zi-Fi-Dickungen**, eventuell Entfernung von weniger vitalen Individuen.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Zi und Fi, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Zi).	**Entfernung von kranken oder instabilen Zi und Fi, sowie Stabilitätsförderung:** Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Zi).
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Zi-Fi-Baumhölzern: Entnahme von Fi (u. Zi); Pflanzung von Bu und Ta nach Schlagruhe; belassen von Zi in ausreichend großen Gruppen – eventuell auch Pflanzung von Zi (Achtung auf das Bestockungsziel).	**Saumschläge in hiebsreifen Zi-Fi-Baumhölzern:** Entnahme von Fi (u. Zi); Pflanzung von Lä und Bu nach Schlagruhe; belassen von Zi in ausreichend großen Gruppen – eventuell auch Pflanzung von Zi (Achtung auf das Bestockungsziel).
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Zi-Fi-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Zi, Ta, Fi und Bu überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Gruppen-Entnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta und Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 5.7: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichten-Lärchen-Beständen in den klimafitten Mischungstyp Lärche Buche-Tanne-Fichte mittels Lochhieben oder Saumschlägen.

BFT – Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Bestände	
Überführung in **Lä-Bu-Ta-Fi**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Lä-Bu-Ta-Fi**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile **Lärchen werden belassen**, Tanne und Buche werden auf **Lochhiebsflächen** gepflanzt. **Ziel**: Lärche 50 %, Buche 20 %, Tanne 20 %, Fichte 10%; U = 100-150 Jahre	Stabile **Lärchen und Fichten werden belassen**, Tanne und Buche werden auf **Saumschlagsflächen** gepflanzt. **Ziel**: 30 % Lärche, 30 % Buche, 20 % Tanne, 20 % Fichte; U = 100-150 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von Ta und Bu in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von Fi und wenig vitalen Lä; Förderung vitaler Lä aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung; Mischungsregulierung zugunsten Ta und Bu. Achtung auf Bestockungsziel.	**Ergänzung von Ta und Bu** in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken; Förderung vitaler Lä und Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung; am Innensaum von unbehandelten Beständen Voranbau von schattentoleranten Baumarten (Ta, Bu), Mischungsregulierung zugunsten Ta und Bu.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten vitaler Lä; Ergänzungspflanzung von Ta und Bu entsprechend Zielvorgaben nach Reduktion von Fi oder in vorhandenen Lücken. Falls Dickungsstadium schon zu weit entwickelt, nur Ergänzungspflanzung von Bu und Ta in Lücken.	**Mischungsregulierung** auf der Dickungsfläche zugunsten vitaler Lä und Fi; Ergänzungspflanzung von Ta und Bu entsprechend Zielvorgaben nach Entfernung von Fi oder in vorhandenen Lücken. Falls Dickungsstadium schon zu weit entwickelt, nur Ergänzungspflanzung von Bu und Ta in Lücken.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä).	**Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä, sowie Stabilitätsförderung:** Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä).
Baumholz	
Lochhiebe (Fi, Lä) in hiebsreifen Baumhölzern anlegen, auf den entstandenen Freiflächen nach Einhaltung der Schlagruhe Pflanzung von Lä, Ta, Bu und Fi gemäß Bestockungsziel. Vorhandene Naturverjüngung integrieren.	**Nutzung von hiebsreifem Baumholz durch Saumschläge** mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung Ta und Bu aus Naturverjüngung am Innensaum, Fi und Lä am Außensaum durch Pflanzung, vorhandene Naturverjüngung von Fi und Lä integrieren. Voranbau von Ta unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen unter Beachtung des Bestockungsziels.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Lä-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Lä, Bu, Ta und Fi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta und Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Lärche wird weiterhin mit Gruppen- bis Lochhiebförmigen Verjüngungsverfahren zu etablieren sein (Dauerwald-System für die Integration von Lichtbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

5.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe BFT* sind in der Steiermark regional Schutzwaldanteile gegeben. Speziell in den steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen und felsigen Taleinhängen, also vor allem in den Nördlichen Kalkalpen, ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe BFT* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Nadel- und Laubbaumarten gemeinsam vorhanden sind. Als besonders bedeutsame Baumarten für eine effiziente Schutzwirkung sind Lärche, Zirbe und Tanne, sowie Buche und Berg-Ahorn hervorzuheben. Es ist zu beachten, die durch den Klimawandel bedingte größere Bedeutung der Buche in den Waldbeständen der heutigen *Waldgruppe BFT* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil. Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe BFT* effizient umsetzbar, weil die Baumartenvielfalt noch groß genug ist. Bereits 1831 hat Zötl erkannt, dass die „Ungleichheit an Alter und Größe“ Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist.

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler & Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saum- oder Kleinkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991). Waldökologisch tragfähige Schalenwildbestände sind wiederum die Grundvoraussetzung für die nachhaltige Erbringung der Schutzwaldfunktionen in der *Waldgruppe BFT*.

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der Baumarten Buche, Tanne, Fichte, Zirbe und Lärche von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind Berg-Ahorn und Vogelbeere. In der Klimazukunft wird die Buche eine größere Rolle spielen.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppe BFT* möglichst geschlossen zu halten. Bei Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind Bestandeslücken daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden würden. Tiefwurzelnde Baumarten (Tanne, Lärche, Zirbe, Berg-Ahorn) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden.

Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration der Erosion entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während Fichte nach Verletzungen anfällig für Fäule ist, sind Lärche, Tanne, Zirbe und Berg-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch Laubbaumarten der *Waldgruppe BFT* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Buche, Berg-Ahorn, Vogelbeere). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe und liegende Stämme herabfallende Felsbrocken beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit es nur zum Bremsen der Steine kommt und verhindert wird, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus abgelagerte Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es daher besser darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern (Buche) und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

6. FTB – Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte
in der mäßig kühlen Mischwaldzone

Tabelle 6.1: Übersicht über die Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FTB* – Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte in der mäßig kühlen Mischwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
FTB3c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	mäßig frisch	2.641 ha / 1,2,%
FTB45c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	frisch bis sehr frisch	53.739 ha / 24,9%
FTB3g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	mäßig frisch	1.268 ha / 5,9%
FTB45g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	frisch bis sehr frisch	24.710 ha / 11,5%
FTB3rm	Basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch	75 ha /0,3%
FTB45r	Basenreich	basenreiche Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	19.28 ha / 8,9%
FTB45m	mäßig basenhaltig	intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	26.169 ha / 12,1%
FTB3u	basenunterversorgt	rückstandsarme intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch	686 ha / 0,5%
FTB45u	basenunterversorgt	rückstandsarme intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	86.317 ha / 40,0%

Charakteristika

Verbreitung Die Waldgruppe der Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte (FTB) in der **mäßig kühlen Mischwaldzone** kommt auf rund 215.564 ha (19,8 % der Waldfläche) vor allem auf den mittleren Hanglagen aller Gebirgsgruppen in der Steiermark vor. Die Verbreitung entspricht der klassisch als mittelmontan bezeichneten Höhenstufe.

Baumartenspektrum Buche, Tanne, Fichte, Lärche, Berg-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Rot-Kiefer, Zirbe, Schwarz-Kiefer, Eibe, Birke, Mehlbeere, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Vogelbeere und Stechpalme

Gastbaumarten Douglasie

Strukturen Breite Palette an Bestandesbildern; aktuell hoher Anteil an Nadelbaumreinbeständen (Fichte und Fichte-Lärche); in einigen Bereichen der Steiermark klassische Fichten-Tannen-Buchen-Mischbestände, immer wieder auch mit Lärche.

6.1 Standorte heute



Abbildung 6.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe FTB – Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte* in der *mäßig kühlen Mischwaldzone* der Steiermark. Datenbasis: Standortsmodell

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTB – Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte* kommen in der Steiermark in den mittleren Gebirgslagen vor (Abb. 6.1), welche mit der *mäßig kühlen Mischwaldzone* korrespondieren. Diese erstreckt sich im aktuellen Klima in ihrem Kernbereich etwa zwischen 1000 m und 1300 m Seehöhe (Abb. 6.5). Die *Waldgruppe FTB* ist in der Steiermark flächenmäßig weit verbreitet und nimmt aktuell 215.564 km^2 ein (19,8 % der steirischen Waldfläche).

Die Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe FTB* relativ groß. Es gedeihen vor allem Buche, Tanne, Fichte und Lärche, des Weiteren sind Berg-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Zirbe, Eibe, Birke, Mehlbeere, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Vogelbeere und Stechpalme hervorzuheben.

Hinsichtlich Berg-Ulme wird angemerkt, dass die vom Ulmensplintkäfer weitverbreitete Pilzkrankheit in der Vergangenheit zu großflächigem Absterben der Bäume geführt hat, was auch heute immer noch insbesondere bei mittelalten bis älteren Bäumen zum Ausfall führt. Trotzdem kann sich Berg-Ulme immer wieder erfolgreich in der Verjüngung etablieren und kleinräumig vorkommen. Anders ist die Situation bei Esche, wo das Eschensterben derzeit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung dieser Baumart nicht zulässt. Trotzdem wird Esche auch diese Krankheit überstehen und weiterhin waldbaulich verwendbar sein (siehe auch die weiteren Ausführungen zu resistenten Klonen).

Mittlere Hanglagen der Gebirgsgruppen der Steiermark

In den mittleren Hanglagen der steirischen Gebirgsgruppen sind in der *Waldgruppe FTB* die Baumarten Fichte, Tanne, Buche und Lärche gemeinsam mit den diversen Begleitbaumarten am besten geeignet, die Standortsbedingungen zu nutzen. Aktuell sind in der Waldgruppe künstlich begründete Waldbestände mit Fichte oder mit Fichte und Lärche am weitesten verbreitet. Aber auch Mischwaldbestände aus Fichte, Tanne, Lärche und Buche treten häufig auf. Vor allem in den Nördlichen Kalkalpen der Steiermark sind solche Mischwaldbestände verbreitet, aber auch in den Gebirgen mit silikatischen Grundgesteinen (Gurktaler Alpen, Niedere Tauern, Gleinalpe, Koralpe, etc.) sind immer wieder Mischwaldreste vorhanden. Hervorzuheben ist in den Zirbenwald-Regionen der Steiermark auch die Präsenz von Zirben-Lärchen-Fichten-Waldbeständen in der *Waldgruppe FTB*, wie etwa am Zirbitzkogel. Die Waldvegetationszone lässt aufgrund der vorherrschenden Temperaturen sehr gute Wüchsigkeiten der Nadelbaumarten zu. Buche weist ebenfalls noch beachtliche Wuchsleistungen auf, welche eine forstliche Nutzbarkeit neben der Brennholznutzung ermöglicht.

Unterhangstandorte der Gräben und Talschaften in der *Waldgruppe FTB*

Auf Unterhangstandorten vor allem in größeren Gräben oder Talschaften der Gebirge treten innerhalb der *Waldgruppe FTB* spezifische Standortsbedingungen auf, welche das Wachstum der Baumarten Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Esche begünstigen. Es sind das klassische Ahorn-Eschen-Waldstandorte. Innerhalb der *Waldgruppe FTB* verläuft die aktuelle Verbreitungsgrenze der Esche, das heißt auf den höhergelegenen Unterhang-Standorten (oberhalb von rund 1150 m - 1250 m Seehöhe) handelt es sich nur mehr um Ahorn-Ulmen-Waldstandorte.

Es kommt auf diesen Unterhangstandorten durch die Akkumulation von Mineralboden- und Humusstoffen zu einer Anreicherung von Basen und Nährstoffen, also zu klassischen „Gewinnlagen“ im standortskundlichen Sinn. Aufgrund dessen sind dort oftmals Ahorn-Eschen-Waldstandorte zu finden. Diese Standorte können in den Karten in der Regel nicht räumlich explizit dargestellt werden, sie sind lokal am relativ starken Auftreten der Hasel in der Strauchschicht (die Hasel gedeiht bis ca. 1100 m Seehöhe) und an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart, Hochstauden oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Die Höhenerstreckung dieser Standorte liegt zwischen 50 m - 200 m an den Unterhängen.

Relief

Es sind in der *Waldgruppe FTB* der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Mittelhanglagen dominieren. In den Nordöstlichen Kalkalpen im Ennstal, oberen Mürztal und Salzatal sind steile Mittelhanglagen landschaftsprägend. In den Gebirgsgruppen Niedere Tauern, Gurktaler Alpen, Zirbitzkogel, Gleinalpe, Koralpe und Fischbacher Alpen ist das Relief in der mäßig kühlen Mischwaldzone zumeist als mittlere Steillage ausgebildet. Die Schutzwald-Funktion der Waldbestände der *Waldgruppe FTB* ist überall dort, wo Steillagen mit hohen Felsanteilen ausgebildet sind, von zentraler Bedeutung. In dieser Hinsicht sind vor allem die Kalkalpen in der Steiermark hervorzuheben.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der mäßig kühlen Mischwaldzone der *Waldgruppe FTB* betrug im Zeitraum 1989-2018 im Mittel 5,8°C. Dabei schwankt die Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten nur wenig, in FTB3c ist sie mit 5,9°C am höchsten, in FTB45u ist sie mit 5,7°C am geringsten (Abb. 6.2). Die Wärmeversorgung bedingt, dass aktuell in der Waldgruppe eine relativ große Baumartenvielfalt ausgebildet ist. Es treten in der Waldgruppe sowohl Nadelbaumarten als auch Laubbaumarten auf (Mischwaldzone). Die Esche erreicht im aktuellen Klima in der Waldgruppe ihre maximale Höhenverbreitung.

Der **Jahresniederschlag** in der *Waldgruppe FTB* betrug im Zeitraum 1989-2018 im Mittel 1.233 mm. Die Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone ist aufgrund der mittleren Gebirgslagen bereits in eher höheren Bereichen angesiedelt. Dabei schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten deutlich, in FTB45c ist der Wert mit 1.502 mm am höchsten (Nördliche Kalkalpen), in FTB3u ist der Wert mit 959 mm (Zentralalpen) am geringsten (Abb. 6.2). Grundsätzlich variiert der Jahresniederschlag gemäß den Regionen/Wuchsgebieten der Steiermark.

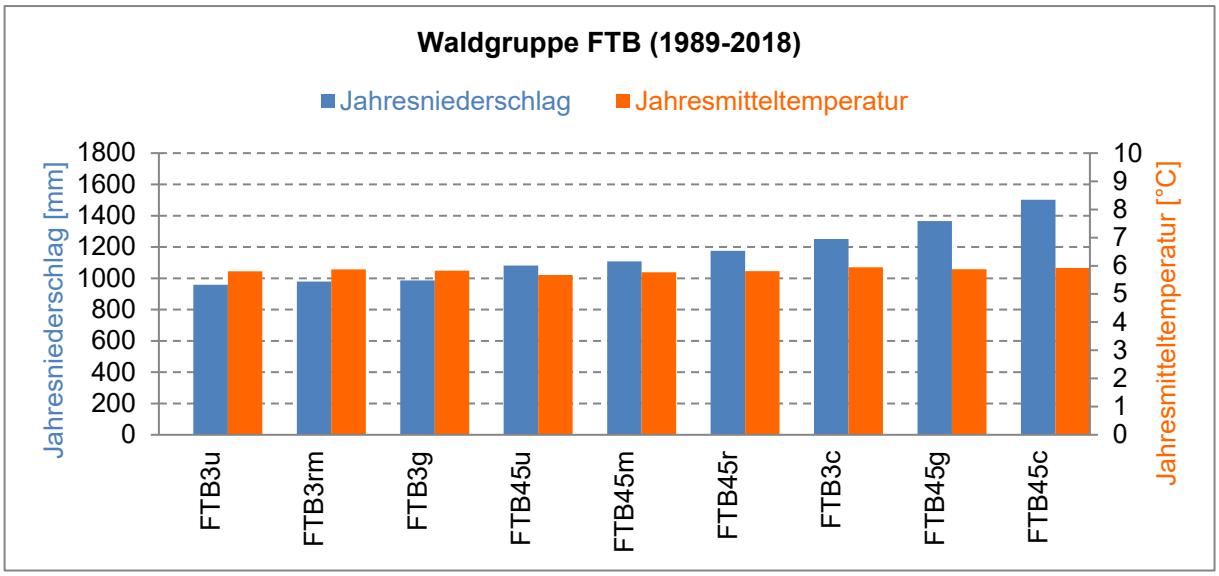


Abbildung 6.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FTB* für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe (Temperatur) bestimmt. In der *Waldgruppe FTB* sind die Wasserhaushaltsstufen „mäßig frisch“ bis „sehr frisch“ am weitesten verbreitet. Die wichtigste Wasserhaushaltsklasse der *Waldgruppe FTB* in der Steiermark ist aber „frisch bis sehr frisch“ (z.B. FTB45u oder FTB45c - siehe Tab. 6.1). Das erklärt auch die in der Regel gute Wüchsigkeit der steirischen Wälder in dieser Höhenzone. Feuchte Standorte kann Buche nicht erschließen, ebenso fehlt sie auf trockenen Standorten, weshalb die *Waldgruppe FTB* jene nicht umfasst.

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus Mineralbestand des Ausgangsgesteines (Basensättigung), pH-Wert, Bodenart und Gründigkeit ab. Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTB* angezeigt. Die nährstoffreichste Waldstandortseinheit ist FTB45r, weil in diesem Fall basenreiche Substrate mit einer sehr guten Wasserversorgung gekoppelt sind. Am wenigsten Nährstoffe zeigt die Waldstandortseinheit FTB3c an, weil der nährstoffarme Bodentyp Rendzina mit einer relativ geringen Wasserversorgung (mäßig frisch) gekoppelt ist. Auch FTB3u weist wenige Nährstoffe auf, es ist Basenklasse „u“ (basenunterversorgt) mit einer relativ geringen Wasserversorgung (mäßig frisch) gekoppelt. Die Standortsunterschiede bezüglich der Nährstoffversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen. Auf sehr sauren Grundgesteinen kann sich Buche nicht erfolgreich etablieren und fehlt daher. Deshalb wurde in der mäßig kühlen Mischwaldzone auf den sehr sauren Substraten eine andere Waldgruppe, nämlich die *Waldgruppe FTK* (Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte) ausgeschieden. Alle Baumarten der *Waldgruppe FTB* können die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen, wenngleich Berg-Ahorn und Berg-Ulme auf den basenreichen Standorten ihren Schwerpunkt haben.

Buche ist anspruchslos an die Nährstoffversorgung, sie ist aber auf Karbonat-Gesteinen bzw. basenreichem Silikatgestein konkurrenzkräftiger. Die Fichte vermag alle Substrate der Waldgruppe effizient zu erschließen. Tanne zeigt auf allen Substraten eine gute Eignung und erreicht ihr Wuchsoptimum auf tiefgründigen, basenreichen und sehr frischen Silikatstandorten. Die Lärche ist auf den meisten Standorten konkurrenzkräftig, sollte aber auf staunassen Standorten nicht begründet werden, weil sie gut durchlüftete Böden bevorzugt.

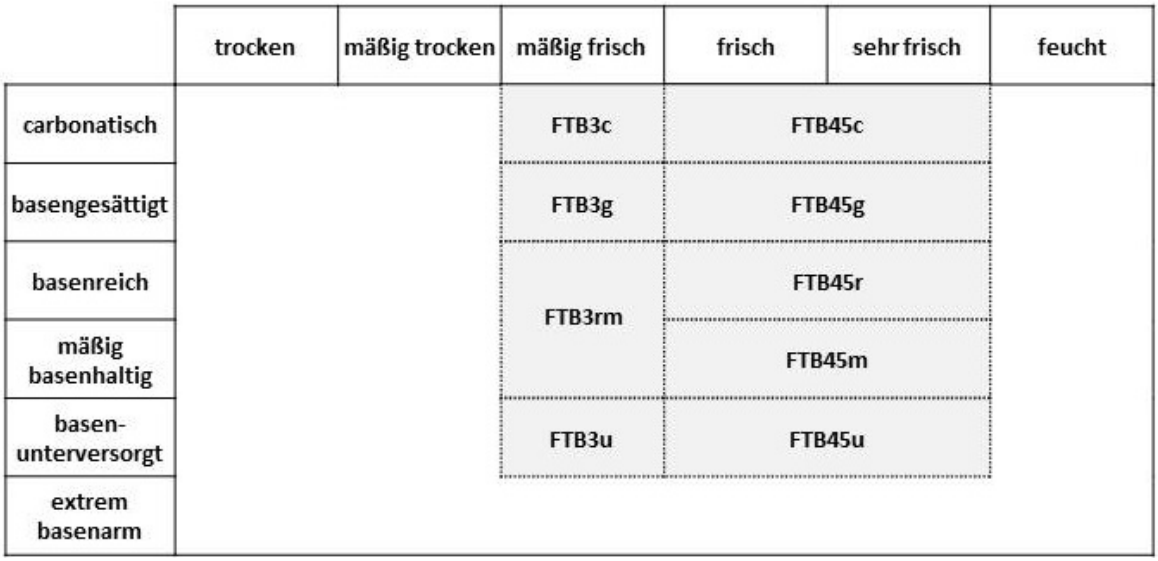


Abbildung 6.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTB* – Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 6.3).

6.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einer annähernd gleichbleibenden mittleren Jahresniederschlagssumme zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTB* in höhere Lagen der Gebirge in der Steiermark (Abb. 6.4 und 6.5). Damit verbunden ist eine deutliche Abnahme bzw. langfristig ein mögliches Verschwinden dieser Waldgruppe aus ihrer aktuellen Höhenverbreitung. Die Buche und die Eiche zeigen die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft an Bedeutung gewinnen (Buche) beziehungsweise Standortstauglichkeit erreichen können (Eichenarten). Die heutige *Waldgruppe FTB* wird somit in die *Waldgruppe BU* (*mäßig milde Mischwaldzone*) übergehen. Der Prozess der gesteigerten Bedeutung von Buche bzw. der Einwanderung der Eiche (Stiel- oder Trauben-Eiche) auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe FTB* kann waldbaulich beschleunigt und unterstützt werden. Das liegt einerseits an der hohen Konkurrenzkraft von Buche, Tanne und Fichte in Relation zu den Eichenarten, andererseits gibt es viele Regionen, wo Buche aktuell nicht mehr verbreitet ist, weshalb sie dort erst etabliert werden muss. Das heißt, dass auch wenn diese Baumarten eine bessere Standortstauglichkeit aufweisen, sie dennoch gefördert werden müssen, um den Status einer bestandesbildenden Baumart zu erreichen.

Es ist zu betonen, dass die meisten Baumarten in der *Waldgruppe FTB* in der Klimazukunft ihre Standortstauglichkeit bewahren werden, allerdings wird die Eignungszahl einiger Baumarten absinken. Die Fichte wird, aufgrund des mit dem Temperaturanstieg einhergehenden höheren Risikos für Borkenkäferbefall und für Trockenschäden (z.B. Jönsson et al. 2017), auf vielen Standorten eine höhere Mortalität aufweisen.

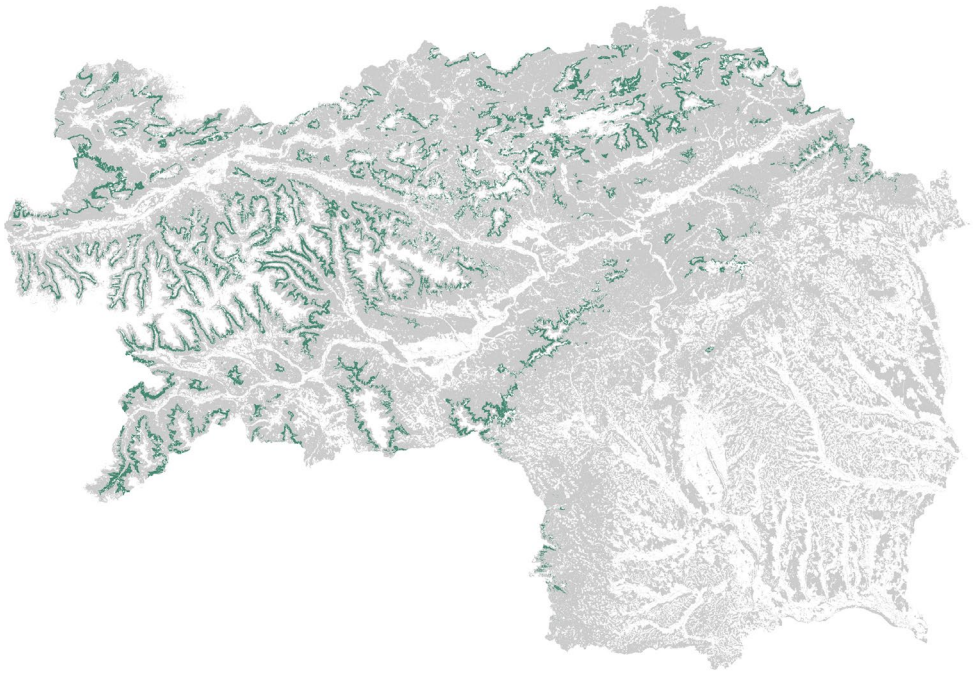


Abbildung 6.4: Verbreitung der *Waldgruppe FTB* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Daten-Basis: Standortsmodell.

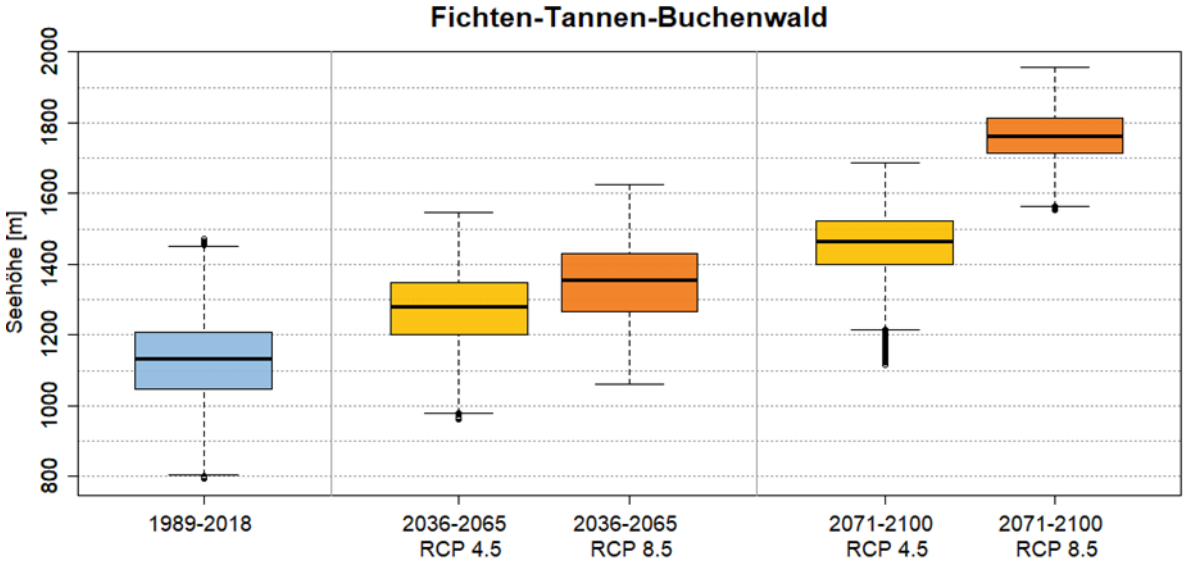


Abbildung 6.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe FTB* in der Steiermark im aktuellen Klima (1989-2018) und laut Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 im zukünftigen Klima.

Die Tauglichkeit der Buche, der Eichenarten (Stiel- oder Trauben-Eiche) und weiterer, trockenheitsresistenter Baumarten wird ansteigen, weshalb sie auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe FTB* an Bedeutung gewinnen werden.

Wärme- und Wasserversorgung

Der Anstieg der Jahresmitteltemperatur wird in der mäßig kühlen Mischwaldzone von aktuell bis 2085 laut Klimaszenarien deutlich sein, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 6.2). Die Veränderung der Jahresmitteltemperatur von aktuell 5,8 °C auf 7,8 °C im Jahr 2085 unter RCP 4.5 würde annähernd den Werten der mäßig milden Mischwaldzone (*Waldgruppe BU*) entsprechen, jene auf 9,2 °C unter RCP 8.5 würde den Werten der milden Laubwald-Zone (*Waldgruppe EB*) entsprechen (Tab. 6.2).

Tabelle 6.2: Änderung der Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagssumme in der *Waldgruppe FTB*.

Zeitlinie	1989 - 2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmitteltemperatur (°C)	5,8 °C	7,8 °C	9,2 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	1233 mm	1315 mm	1272 mm

FTB3rm würde die höchste Jahresmitteltemperatur aufweisen (8°C bzw. 9,3°C) und FTB45u die geringste (7,7°C bzw. 9,1°C). Der Jahresniederschlag würde in FTB45c am größten (1.502 mm bzw. 1.593 mm Nördliche Kalkalpen in der Steiermark) und in FTB3u am geringsten sein (959 mm bzw. 1.037 mm Zentralalpen in der Steiermark) (Abb. 6.6).

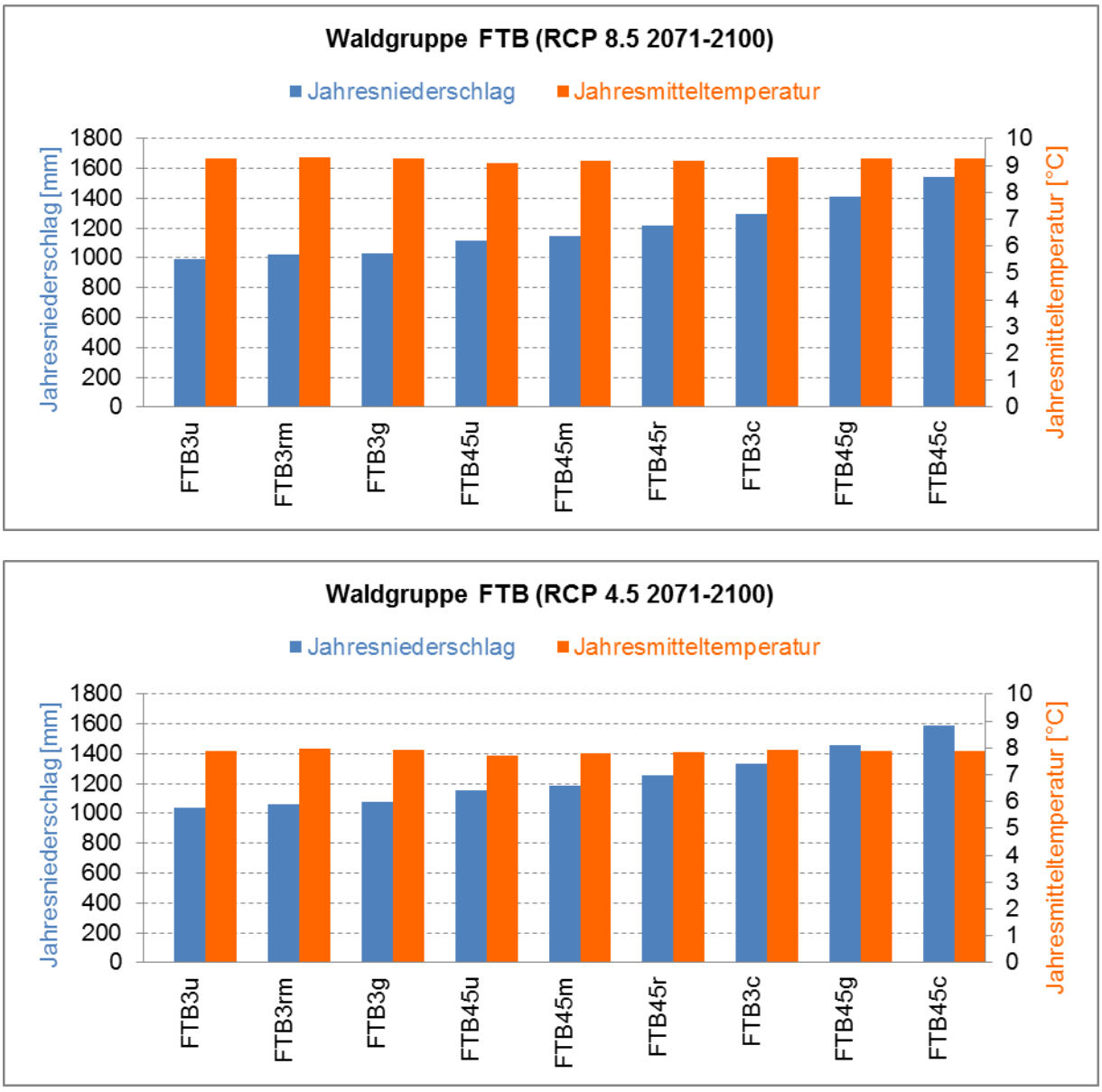


Abbildung 6.6: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FTB* für den Zeitraum 2071-2100 für die Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 für die Steiermark.

6.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf den Standorten FTB3c und FTB3u kann Vergrasung als Folge von großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf den Standorten FTB45r und FTB45m können wiederum Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Insbesondere die basenarmen Standorte (FTB3u, FTB45u) können durch großflächige Kahlschläge oder intensive Biomasse-Nutzung degradiert werden. Diese Nutzungsformen führen zur Nährstoff-Auswaschung und Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz, speziell von Ästen und Zweigen, einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996). Das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde stellt einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe FTB* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt, was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden. Möglichst wurzelintensive Baumarten sind zur Bodenstabilisierung zu bevorzugen, wie etwa Tanne, Lärche, Berg-Ahorn und Buche (Thomasius 1996).

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandortseinheiten FTB3c und FTB45c, welche flachgründige Rendzinen auf Kalken und Dolomiten aufweisen. Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe FTB* immer wieder möglich. Ein Hinweis darauf sind Schneefall-Ereignisse, welche Wipfelbruch bei Fichte verursachten. Es gab in der jüngeren Vergangenheit auch starke Schneefall-Ereignisse im September, welche natürlich auch Buchen schädigten. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichten-Stangenhölzer, da der schwere Schnee auf dem homogenen Kronendach abgelagert wird (Kalberer 2007). Tannen können dem offensichtlich besser widerstehen, wie die deutlich geringeren Schäden an dieser Baumart nach dem massiven Schnee- und Eisanhang-Ereignis 2014 im Süden Österreichs und in Slowenien gezeigt haben. Grundsätzlich zählen die Laubbaumarten und somit auch Buche zu den besonders Schneebruch-resistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten und von Lärche in der Waldgruppe hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann Buchenkronen erheblich schädigen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe FTB* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäule-Bildung, bei Buche Rotkern-Bildung und Weißfäule). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe FTB* mit großer Häufigkeit in den Kalkalpen der Steiermark auf, allerdings ist Steinschlag-Gefahr auch in den anderen Gebirgsgruppen möglich.

Waldbrand: In der *Waldgruppe FTB* ist auf sonnseitigen und mäßig frischen Standorten Waldbrandgefahr gegeben, vorallem wenn dort Nadelbaumreinbestände stocken. Speziell die Waldstandortseinheit FTB3c ist gefährdet, weil dort zusätzlich Moderhumus-Auflagen die Brandgefahr erhöhen. Es sind auf den sonnseitigen Standorten der Waldgruppe daher während Trockenperioden äußerste Achtsamkeit und Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um das Entstehen von ungewollten Bränden zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände aber auch schattseitig und auf frischen Standorten entstehen, dabei sind Bestände mit einem höheren Laubbaumanteil generell weniger gefährdet.

Trockenheit: In großen Bestandeslücken führt direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung. Buche leidet stark unter Trockenheit: Rindenbrand, Rindenrisse und das „Peitschensyndrom“ (Einziehen der Krone) treten auf. In der *Waldgruppe FTB* ist das Auftreten von Trockenstress und mögliche Trockenschäden an den Waldbeständen besonders auf den mäßig frischen und sonnseitigen Standorten (FTB3c, FTB3u) gegeben. Am stärksten anfällig sind dabei Fichtenreinbestände, aber auch Buche kann empfindlich reagieren. Sehr lange andauernde Trockenperioden führen auf allen Standorten der Waldgruppe zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016).

Insekten: Die mäßig kühle Mischwaldzone birgt aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine Gefahr für Borkenkäfer-Kalamitäten.

Aktuell sind von **Fichte** dominierte Bestände in der *Waldgruppe FTB* durch Borkenkäfer gefährdet (insbesondere Buchdrucker, weniger Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden und den damit für eine Borkenkäfermassenvermehrung verbundenen besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoringmaßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind in der *Waldgruppe FTB* auf allen Standorten, auf denen Bestände mit einem hohen Fichtenanteil stocken, empfohlen.

Bei **Lärchen** sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*), insbesondere entlang der Mur- Mürzfurche, dokumentiert.

Die **Buche** ist aktuell vor allem durch den zweifärbigen Buchen-Borkenkäfer, den Buchen-Prachtkäfer (*Agrilus viridis*) und die Buchen-Wolllaus gefährdet. Für Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer sind insbesondere freigestellte Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden anfällig, die bereits durch Sonnenbrand vorgeschädigt waren (Brück-Dyckhoff et al 2019).

Für **Tanne** sind aktuell Gefahren bezüglich Schädlingsbefall vor allem im Hinblick auf die Tannentrieblaus gegeben. Während die Weiß-Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weiß-Tannentrieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeschleppten Arten, die Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia merkeri*) als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999).

Pilzerkrankungen: Wurzelfäule-Erreger an **Buche** sind Riesenporling (*Meripilus giganteus*) und Hallimasch (*Armillaria mellea*). Buchenkrebs (*Nectria galligena*), Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) und die Krautfäule-Erreger (z.B. die Buchenkeimlingskrankheiten *Phytophtora cactorum* und *Pythium spp.*) können ebenfalls lokal zu einem Problem werden (Ebner und Scherer 2001; Altenkirch et al. 2002).

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall absterben. Lärchenkrebs kann in Lagen hoher Luftfeuchte und insbesondere in dichten Beständen mit zu geringer Durchlüftung zur Schwächung oder sogar zum Ausfall der Baumart führen.

Die **Esche** ist in Österreich seit dem Jahr 2005 stark vom Eschen-Triebsterben betroffen, welches in einigen Talschaften der Steiermark nahezu alle Eschen geschädigt oder zum Absterben gebracht hat. Die Krankheit ist in ihrer Befallsintensität in der Steiermark regional zwar sehr unterschiedlich, aber dennoch flächendeckend vorhanden. Vor allem auf den Unterhang-Standorten, wo Esche gemeinsam mit Berg-Ahorn große Bedeutung hat, ist die vom Falschen Weißen Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöste Pilzerkrankung regional sehr massiv. Eine erfolgreiche Umsetzung forstlicher Vorhaben kann derzeit nicht erwartet werden, womit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung für diese Baumart derzeit nicht möglich ist. Trotzdem ist hervorzuheben, dass vereinzelte vitale Eschen die Auswirkungen der Krankheit auch überwinden werden können und die Baumart somit in waldbauliche Entscheidungen mit einbezogen werden kann.

In der folgenden Abb. 6.7 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FTB* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

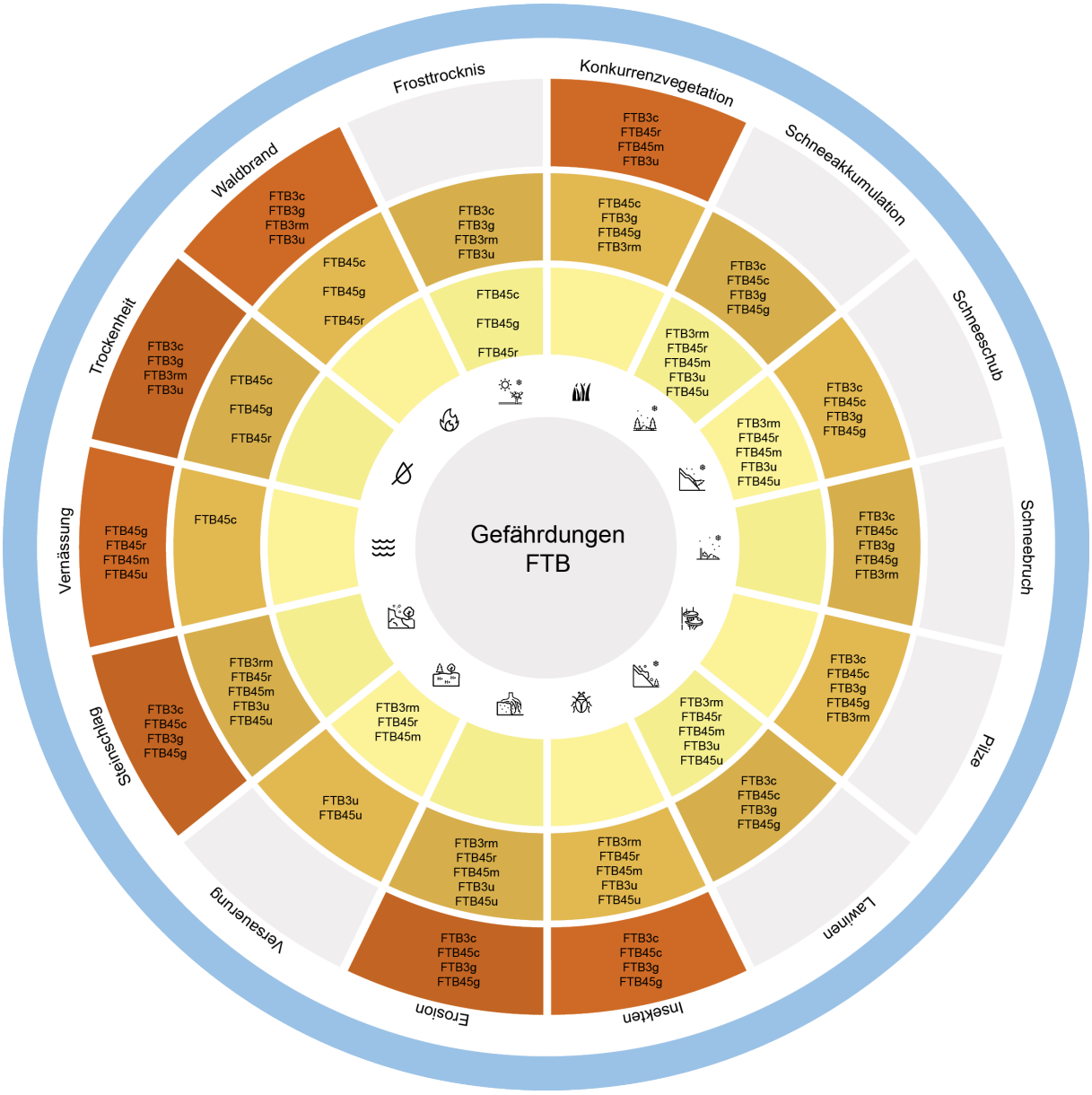


Abbildung 6.7: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTB*.

6.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen steigende Risiken für die Waldbestände und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 6.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe FTB* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe FTB*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe FTB* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe FTB* in der *mäßig kühlen Mischwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der relativ großen Baumartenvielfalt ganz generell gegeben (Abb. 6.8). Das fortgesetzte Begründen von Fichtenreinbeständen innerhalb der *Waldgruppe FTB* ist aufgrund der erwartbaren Folgen des Klimawandels als höchst riskant einzustufen. Als Alternative dazu bieten sich eine Vielzahl von Mischungstypen an, was mit der Baumartenvielfalt in dieser Waldvegetationszone in direktem Zusammenhang steht. In Mischung mit anderen Baumarten ist die waldbauliche Verwendung von Fichte in der *Waldgruppe FTB* weiterhin möglich. Dazu ist in allen Fällen die Ausgangslage zu beachten, also die Frage, ob es sich aktuell um Lärchen-Buchen-dominierte Mischwaldbestände, Fichten-Tannen-Buchen-Waldbestände oder um Fichten-Lärchen- oder reine Fichtenbestände handelt. In diesem Kapitel wird diesen unterschiedlichen Ausgangslagen Rechnung getragen und alle empfohlenen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

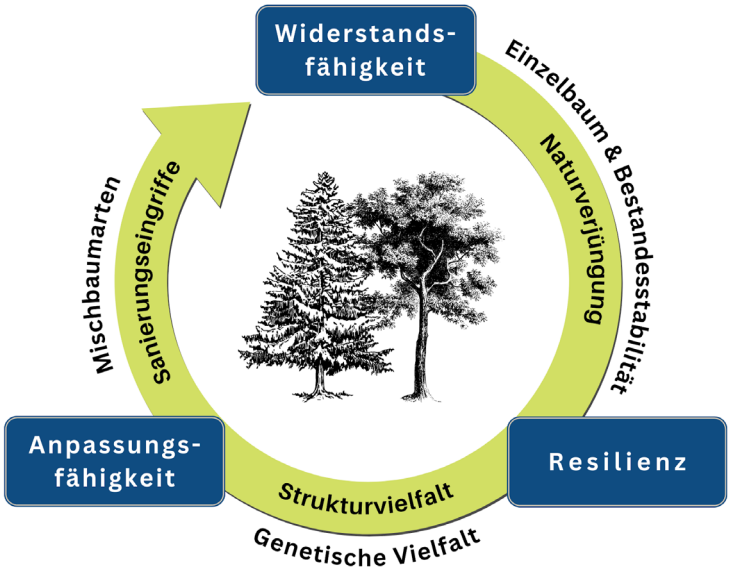


Abbildung 6.8: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

6.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Dabei ist die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppe FTB* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Resilienz zu verbessern.

Die Buche ist in der Waldvegetationszone noch relativ konkurrenzstark und etabliert sich, so sie in der Baumschicht vorhanden ist, in der Regel individuenreich und vital mittels Naturverjüngung. Besonders die basenreichen Substrate fördern die Buchen-Naturverjüngung, wodurch sonnseitige karbonatische Standorte auch in der *Waldgruppe FTB* oftmals von Buche dominiert werden. Aber auch saure Substrate können von Buche erfolgreich besiedelt werden (FTB45u oder FTB3u). Grundbedingung für eine erfolgreiche Buchen-Verjüngung sind waldökologisch tragfähige Wildstände. Auf sehr sauren Substraten (extrem basenarme Standorte mit der Basenklasse „e“) kann sich Buche jedoch nicht erfolgreich etablieren, daher werden jene in der *mäßig kühlen Mischwaldzone* von der *Waldgruppe FTK* (Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte) besiedelt.

Tanne ist auf allen Standorten der *Waldgruppe FTB* konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn sie im Altbestand vorhanden ist und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Auf allen Standorten der *Waldgruppe FTB* ist Tanne eine wesentliche Baumart zur Stabilisierung der Waldbestände.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe FTB* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich, besonders auf schattseitigen Standorten der Waldgruppe, immer wieder qualitativ und quantitativ stark. Beimischungen von Lärche mittels Naturverjüngung oder Kunstverjüngung spielen in der *Waldgruppe FTB* eine ähnlich starke Rolle.

Die Fichte wird auf den Standorten der *Waldgruppe FTB* in der Steiermark aktuell vor allem mittels Kunstverjüngung vermehrt, was hauptsächlich an der vorherrschenden Kahlschlagnutzung liegt. In der *Waldgruppe FTB* kann sich Fichte grundsätzlich überall auch mittels Naturverjüngung etablieren. In der Klimazukunft wird die Baumarteneignung der Fichte in der *Waldgruppe FTB* leicht abnehmen, die Mischung mit besser tauglichen Baumarten wird daher immer wichtiger.

Die Mischbaumarten der *Waldgruppe FTB* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens in der Regel mittels Naturverjüngung etablieren. Berg-Ahorn und Esche treten vor allem auf Unterhängen oder auf Standorten mit basenreichen Böden auf. Esche ist im aktuellen Klima auf tiefergelegene Standorte der Waldgruppe beschränkt. Mehlbeere ist auf mäßig frische bis frische Karbonat-Standorte oder basenreiche Silikat-Standorte beschränkt. Berg-Ulme gedeiht vor allem auf Unterhängen und relativ basenreichen Standorten. Birke ist auf allen Standorten, aber zumeist auf sonnigen Kahlflächen, zu finden. Rot-Kiefer hat ihren Schwerpunkt auf mäßig frischen Rücken oder Kuppen, während Eberesche auf allen Standorten der Waldgruppe gedeiht. Auch Eibe kann sich auf allen Standorten etablieren, tritt aber gehäuft auf dolomitischem Untergrund auf. Die Eibe erreicht in der *Waldgruppe FTB* ebenso wie die Esche im aktuellen Klima das Limit ihrer Höhenverbreitung.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe FTB* von zentraler Bedeutung für die Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die Vielfalt an Baumarten, welche in der *Waldgruppe FTB* gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Eine Reduktion des Risikos flächiger Trockenschäden kann durch Einbringung Trockenheits-resistenter Mischbaumarten erzielt werden (z.B. Schwarz-Kiefer, Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Mehlbeere, Zirbe, Douglasie).

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Bei der künstlichen Einbringung von Mischbaumarten sind diese wirksam gegen Wildverbiss zu schützen, weil ansonsten diese Baumarten bei den derzeitigen Schalenwildbeständen nicht erfolgreich etabliert werden können. Grundsätzlich ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen als Voraussetzung für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel zu sehen.

Einzelbaum- und Gruppenstabilität

In **Fichten-Tannen-Buchen-Beständen & Lärchen-Buchen-Beständen** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen (H/D < 0,8) empfohlen. Buche reagiert noch im Baumholzstadium stark auf eine Freistellung durch den Ausbau der Krone. Vorherrschende Buchen im Baum-/Altholzstadium auf tiefgründigen Böden sind kaum durch Kalamitäten gefährdet. Daher ist die gezielte Auslesedurchforstung zur Förderung stabiler Wertholzträger von Buche dienlich zur Stärkung der Stabilität der Waldbestände. Die Tanne erschließt vor allem tiefgründige Böden der Waldgruppe hervorragend und kann dort beachtliche Dimensionen erzielen. Die Förderung der Bestandesstabilität erfolgt insbesondere durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzel-System, wodurch Tanne als Stabilitätsträger die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen und Nassschnee zu erhöhen vermag. Daher ist die Präsenz von kräftigen Tannen mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität von Waldbeständen und erbringt Nadelwertholz. Fichte in Mischung mit Buche und Tanne oder Lärche vermag die Standorte der Waldgruppe besser zu erschließen, weil Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten in die Biomasse-Humus-Zirkulation (Recycling) eingebracht werden. Die Lärche bevorzugt gut durchlüftete Böden und kann dort in der Waldgruppe zum zentralen Wertholzträger werden. Ihr tiefreichendes Wurzelsystem trägt zur Stabilisierung der Waldbestände bei. Die Förderung von stabilen und vitalen Individuen aller vorhandenen Baumarten stärkt generell das Bestandesgefüge.

In den weit verbreiteten **Fichten-Lärchen-Waldbeständen** der Steiermark ist auf eine hohe Einzelbaum-Stabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann. Trupp- bis gruppenweise Mischungen sind dafür notwendig. Die Präsenz der Lärche erlangt im Klimawandel in der *Waldgruppe FTB* immer größere Bedeutung zur Erhöhung der Bestandesstabilität. Trotzdem sind in diesen Beständen Beimischungen der Laubbaumarten (vor allem von Buche) zur weiteren Stabilisierung der Waldbestände anzustreben.

In älteren einschichtigen **Fichtenreinbeständen** mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D - Werte > 0,8) sind instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen. In jüngeren Fichtenreinbeständen kann durch eine mäßige und wiederholte Auslesedurchforstung die Einzelbaumstabilität erhöht werden.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Borkenkäfer-Vermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** in der *Waldgruppe FTB* betroffen. In dieser Waldvegetationszone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten eines etwaigen Borkenkäferbefalls zu legen. Grund dafür sind die regional weit verbreiteten Fichten-Waldbestände in Kombination mit den steigenden Jahresmittel-Temperaturen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Mischwaldbestände sind in der mäßig kühlen Mischwaldzone die beste Strategie, um der Borkenkäfer-Gefährdung zu begegnen. Dazu werden für die verschiedenen Ausgangslagen in der *Waldgruppe FTB* geeignete klimafitte Mischungstypen definiert.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen und verbreitet Spätfrost-Schäden auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*), insbesondere entlang der Mur- Mürzfurche, dokumentiert. Rechtzeitiges Entfernen der von Bockkäfer befallenen Lärchen kann den Populationsdruck verringern. Durch waldbauliche Maßnahmen können allerdings weder Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche vermieden werden.

Die **Buche** kann vor Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer mittels Vermeiden von plötzlichen Freistellungen und der daraus resultierenden verminderten Anfälligkeit der Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden, bewahrt werden. Darüber hinaus wird dadurch auch die Entwicklung von „Buchen-Sonnenbrand“ vermieden.

Dem Triebsterben bei **Esche** wird bereits durch die Forschungsarbeiten zum Vermehrungsgut strategisch begegnet. Es wird beabsichtigt, resistente Individuen von Esche ausfindig zu machen und zu vermehren, um diese Edellaubbaumart für forstliche Zwecke weiterhin verwenden zu können. Zukünftig sollen mehr als dreihundert resistente Klone bereitstehen, die den Grundstock für eine weitere Vermehrung bieten sollen.

Für **Tanne** sind Gefahren bezüglich eines Schädlingsbefalls mit der Tannentrieblaus durch das Vermeiden einer plötzlichen Freistellung von Tannen-Jungwuchs/-Dickungen reduzierbar. Das Maß der Freistellung ist individuell festzulegen. Die Schattbaumart Tanne ist am besten unter Schirm zu verjüngen. Weitere Vermeidungsstrategien im Kontext der Tannentrieblaus sind zu entwickeln.

6.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

Auch in der *Waldgruppe FTB* ist Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels, in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen, gegeben. Besonders die reinen Fichtenbestände werden in der Klimazukunft unter den veränderten Rahmenbedingungen einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein. Faktisch der Großteil der heutigen *Waldgruppe FTB* (mäßig kühle Mischwaldzone) wird sich aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges in Richtung der *Waldgruppe BU – Buchenwald-Standorte* (mäßig milde Mischwaldzone) verändern (siehe Kapitel 6.2, RCP 4.5 im Jahr 2085). Das bedingt, dass dort die Buche zukünftig eine erhöhte Tauglichkeit aufweisen wird und Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) gedeihen werden können. Buche fehlt aktuell in vielen Regionen der Steiermark in der *Waldgruppe FTB*, weshalb sie dort künstlich einzubringen ist. Darüber hinaus ist zu betonen, dass sich die Eichenarten nur durch speziell auf deren Ansprüche angepasste waldbauliche Konzepte und durch Schaffung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen werden etablieren lassen. Das liegt vor allem daran, dass heute in der *Waldgruppe FTB* in Regel zumeist keine Eichenarten vorkommen (weder adulte Individuen noch Keimlinge). Die trotzdem verstreut vorhandenen Eichenrelikte (im Keimlings- und Baumholzstadium) sind dazu ein guter Weiser und unbedingt bei der künftigen waldbaulichen Planung zu berücksichtigen. Vorhandene Eichen-Naturverjüngung zu integrieren und zu nutzen ist im Klimawandel eine kluge Strategie, vor allem und im Speziellen in *Waldgruppe FTB*.

Um die optimale Anpassungsfähigkeit der Waldökosysteme im Klimawandel sicherzustellen, ist in dieser Waldvegetationszone vor allem auf die Erzielung von stabilen und möglichst gemischten Waldbeständen zu achten. Auf den ausgewiesenen Standorten der heutigen *Waldgruppe FTB* kann aktuell mit dem Etablieren von passenden klimafitten Mischungstypen begonnen werden, und zwar unter verstärkter Berücksichtigung der Buche und auf einigen besonders warmen Standorten (u.a. sonnexponierte Taleinhänge oder Rücken-Standorte) können auch Eichenarten etabliert werden. Im folgenden Kapitel werden unter der Rubrik „klimafitte Mischungstypen“ unterschiedliche waldbauliche Strategien für die Behandlung der *Waldgruppe FTB* beschrieben.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppe FTB* muss dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumarten-Kombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Mischwaldbestände), während in den reinen Nadelbaumbeständen die Beimischung von Laubbaumarten oder von Tanne notwendig werden wird. Dies verbessert die Widerstandskraft und Resilienz der Bestände insgesamt (Valinger und Fridman 2011; Jactel et al. 2017) und es kann besonders auf ärmeren Standorten zu einer verbesserten Produktivität der Bestände insgesamt führen (Pretzsch et al. 2010). Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben.

Erhaltung der genetischen Vielfalt

Um der Unterstützung der genetischen Vielfalt Rechnung zu tragen, ist die Förderung von Mischbaumarten, die dem Zielbestand (klimafitter Mischungstyp) entsprechen, zu empfehlen. Das erhöht die Anpassungsfähigkeit. In der *Waldgruppe FTB* ist die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist an die spezifischen Wuchsbedingungen der Waldvegetationszone angepasst.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Vielfalt der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar. Kunstverjüngungs-Maßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist.

Fi - Ta - Bu (alle Standorte der Waldgruppe ab Wasserhaushaltsstufe 4 also „frisch“ und „sehr frisch“)

In allen Bereichen der *Waldgruppe FTB* erlaubt die Mischung von Fichte, Tanne und Buche eine bessere Anpassungsfähigkeit im Klimawandel, als reine Fichtenbestände. Tanne bringt Stabilität gegenüber Sturm und Nassschnee (Pfahlwurzel) und erschließt die Nährstoffvorräte in tiefliegenden Bodenschichten. Buche und Tanne sind schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken, was die Fähigkeit zur raschen Bestockung nach Schadereignissen verbessert. Fichte profitiert von der Mischung und kann ihre bekannten Vorzüge besser entwickeln als im Reinbestand. Die Buche profitiert vor allem auf besser nährstoffversorgten Standorten (FTB45r, FTB45m) von der Beimischung der Fichte (Pretzsch et al. 2010).

Lä - Ta - Bu (<u>auf allen Standorten der Waldgruppe</u>)

Die Mischung der drei Baumarten ist als anpassungsfähig im Klimawandel zu bezeichnen. Lärche und Tanne bieten mit ihren tiefreichenden Wurzelsystemen Stabilität gegenüber Sturm und erlauben eine Nadelwertholz-Produktion. Die Buche erhöht die Anpassungsfähigkeit der Waldbestände und ihre Streu ermöglicht eine verbesserte Humusbildung. Mit den drei Baumarten können strukturreiche Waldbestände gestaltet werden. Das liegt zum einen an der Schattentoleranz der Tanne, welche schon unter Schirm verjüngt werden kann, wodurch eine vertikale Strukturierung der Waldbestände erzielt werden kann. Darüber hinaus kann Lärche in trupp- bis gruppenweiser Mischung die Strukturvielfalt erhöhen. Buche als Halbschatten-Baumart kann erfolgreich in dieser Kombination eingesetzt werden.

Fi - Lä - Ta - Bu (auf allen Standorten der Waldgruppe ab Wasserhaushaltsstufe 4 also „frisch“ und „sehr frisch“)

Die Mischung von Lärche, Buche, Tanne und Fichte erlaubt die Kombination der Vorteile der zuvor beschriebenen Mischungstypen. Die Strukturvielfalt der Waldbestände und die Stabilität gegenüber Sturm kann noch weiter verbessert werden. Fichte erzielt in der Mischung mit den drei Baumarten verbesserte Wuchsleistungen, und zwar aufgrund der besseren Humusverhältnisse und der verstärkten Nährstoffbildung aus tieferliegenden Bodenhorizonten.

Zi - Lä - Bu (vor allem Standorte in den Zirben-Regionen der Steiermark)

Höhergelegene Bereiche der *Waldgruppe FTB* in den Zirbenwald-Regionen der Steiermark können mit Zirbe, Lärche und Buche im Verband bestockt werden. Wenn die Konkurrenz hintangehalten wird, kann Zirbe ausgezeichnet in dieser Waldvegetationszone gedeihen. Die Waldbestände sollten folglich mittels Gruppenmischung entwickelt werden. Eine Möglichkeit wäre in diesem Fall, Zirbengruppen mit Lärche zu umranden, wobei genügend Abstand zwischen der Zirben- und Lärchengruppe zu halten ist. Auf die Gabe von geeigneten Mykorrhizen ist bei Pflanzung von Zirbe zu achten. Die drei Baumarten können eine sinnvolle Alternative in Hinblick auf die veränderlichen Umweltbedingungen im Klimawandel sein. Zirbe widersteht u.a. sehr tiefen Temperaturen, leistet in tiefergelegenen Gebirgslagen aber deutlich mehr Zuwachs. Auch deshalb sind die Möglichkeiten, Wertholz zu produzieren, in umfangreichem Ausmaß gegeben.

Zi - Ta - Bu (vor allem Standorte in den Zirben-Regionen der Steiermark)

Auch die Mischung von Zirbe mit Tanne und Buche stellt eine klimafitte Alternative in den Zirbenwald-Regionen der Steiermark dar. Tanne kann frischere Standorte tiefreichend aufschließen, Buche bringt Stabilität und Elastizität im Klimawandel und Zirbe profitiert vom erhöhten Wärmegenuss in dieser Höhenzone und der Mischung mit Tanne und Buche. Gruppenmischung und ausreichend Abstand zwischen den Baumarten muss angestrebt werden. Auch die Mykorrhizen-Gabe im Zuge der Zirbenpflanzung ist Voraussetzung für eine erfolgreiche Kultur.

Bu - Ta - StEi (auf tiefergelegenen südexponierten Hanglagen)

Auf sonnigen und wärmeren Standorten (Südost-, Süd- und Südwest-Hanglagen - tiefergelegene Standorte), wo für die Klimazukunft ein Übergang in die *Waldgruppe BU* erwartet wird, kann die Stiel-Eiche zusätzlich zu Buche und Tanne kultiviert werden. Dazu sind in den meisten Fällen alle drei Baumarten mittels Kunstverjüngung zu etablieren. Stiel-Eiche garantiert auf den wärmebegünstigten Lagen Stabilität während Trockenperioden und kann tiefgründige Böden gemeinsam mit Tanne effizient durchwurzeln. Buche kann zur Umfütterung der Stiel-Eiche verwendet werden und bereichert die Artenvielfalt.

BAh - (Es) - Ta (auf Unterhangstandorten)

Auf Unterhangstandorten mit auffälliger Präsenz der Hasel ist die Mischung von Berg-Ahorn, Esche und Tanne eine stabile und klimafitte Bestockung. Berg-Ahorn kann beachtliche Dimensionen erzielen und Wertholz liefern, Tanne gedeiht auf den Standorten sehr wüchsig. Esche kann im Falle von resistenten Individuen (gegen das Eschen-Triebsterben) ebenfalls Wertholz-taugliche Sortimente erzielen. Waldökologisch tragfähige Wildstände vorausgesetzt, können sich alle drei Baumarten mittels Naturverjüngung etablieren. Es ist zu beachten, dass Esche aktuell in den höherliegenden Bereichen der Waldgruppe nicht mehr gedeiht.

BAh - BUl - Ta (auf Unterhangstandorten)

Auf den höhergelegenen Unterhangstandorten in der *Waldgruppe FTB* ist die Mischung von Berg-Ahorn mit Tanne und Berg-Ulme zu favorisieren. Berg-Ulme kann u.a. in der Naturverjüngung gefördert werden, wenn die Befallslage mit dem Ulmensplintkäfer es zulässt. Für Tanne und Berg-Ahorn ist auch eine gezielte Einbringung durch Pflanzung zu empfehlen, falls die beiden Baumarten nicht in Altbeständen vorhanden sein sollten. Ansonsten ist immer Naturverjüngung zu bevorzugen. Berg-

Ahorn vermag auch in den höheren Lagen der Waldgruppe Wertholz zu erbringen, Tanne erzielt auf den Unterhangstandorten der *Waldgruppe FTB* besonders gute Wuchsleistungen.

Bu - Ta (wärmere und tiefer gelegene Standorte der Waldgruppe)

Tanne hat eine hohe Resilienz gegenüber Trockenheit, wenige Schädlinge und gute Stabilität gegen Sturm und Nassschnee aufgrund ihrer Pfahlwurzel. Buche und Tanne sind schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinen Bestandeslücken. Die Wüchsigkeit der Tanne auf den Standorten der *Waldgruppe FTB* ermöglicht die Erzielung von Nadelwertholz. Diese Baumartenmischung kann in den wärmeren und tieferen Lagen der Waldgruppe eine stabile Bestockung der Standorte ermöglichen.

Tabelle 6.3: Baumarteneignung aktuell und in der Klimazukunft – klimafitte Mischungstypen für die *Waldgruppe FTB* in der mäßig kühlen Mischwaldzone.

Lokalität und Spezifikation	**künftige Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
alle FTB Standorte (aktuell), Fichte nur ab WHH „frisch“	FTB, BU	Fi - Ta - Bu
		Lä - Ta - Bu
		Lä - Fi - Ta - Bu
vor allem in den Zirbenwald-Regionen der Steiermark	FTB, BU	Zi - Lä - Bu
		Zi - Ta - Bu
Unterhangstandorte	FTB, BU, EB	BAh - (Es) - Ta
		BAh - BUl - Ta
tiefergelegene, südexponierte Hanglagen	FTB, BU, EB	Bu - Ta - StEi
wärmere und tiefergelegene Standorte	FTB, BU, EB	Bu - Ta

*sehr gute und gute Baumarteneignung 2085

Achtung: Bitte überprüfen Sie in der digitalen Standortskarte die Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTB*. Es ist zu beachten, welche zukünftigen Waldstandortseinheiten für die Waldgruppe simuliert worden sind, unterschieden in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085. Aufgrund dessen können sie den für sie am besten passenden klimafitten Mischungstyp auswählen (Tab. 6.3). Wesentlich ist dabei, zu beachten, dass die Baumarten aller definierten klimafitten Mischungstypen bereits heute und auch in der Klimazukunft Standortstauglichkeit aufweisen. Das ist die Grundlage für die waldbauliche Umsetzung der Empfehlungen in der Gegenwart.

Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Aus der kombinierten Betrachtung der aktuellen Baumartenanteile und der zukünftigen Baumarteneignung kann die Dringlichkeit für die Überführung in einen klimafitten Mischungstyp abgeschätzt werden. Zum Beispiel ergibt die Summe aus den Produkten der aktuellen Baumartenanteile (z.B. aus dem Operat oder in einem spezifischen Waldbestand) mit den Eignungswerten der jeweiligen Baumarten für 2085 einen näherungsweisen Wert für die Bestandeseignung (siehe Tab. 6.4, Spalte „Bestandeseignung“). Dieser errechnete Wert der Bestandeseignung kann um die Beurteilung der vorhandenen Strukturparameter ergänzt werden (Bestandesschichtung, Einzelbaumstabilität, Kronenlänge – siehe Abb. 6.9).

Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände in der *Waldgruppe FTB* in der Klimazukunft eine geringe Eignung, was an der sinkenden Baumarteneignung von Fichte in der Waldvegetationszone liegt. Abhängig vom Wuchsgebiet und der Seehöhe können diese Bestände daher in passende klimafitte Mischungstypen überführt oder umgewandelt werden.

Sehr hohe Dringlichkeit: Eine Bestockung mit Baumarten geringer Eignung kann auf Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorten mit regelmäßigen Eingriffen im Turnus von 5-10 Jahren schrittweise in einen klimafitten Bestand überführt werden: Die Eingriffe können umso kräftiger ausfallen, je höher die Einzelbaum-Stabilität ist (H/D < 0,8 und Kronenlänge > 50%). Die Förderung von 150-200 Z-Bäumen pro ha wird empfohlen. Ist die Einzelbaum-Stabilität im Mittel geringer, sollten nur 50-100 Z-Bäume gefördert werden. Alle Eingriffe haben zum Ziel, die Struktur und damit die Bestandesstabilität zu erhöhen, sowie Baumarten mit hoher Eignung am Standort zu fördern. In einschichtigen, labilen Nadelwaldbeständen werden instabile Gruppen entnommen. In diesen Lücken muss frühzeitig mit geeigneten Baumarten der zukünftigen Mischungstypen künstlich verjüngt werden.

Hohe Dringlichkeit: Sukzessive Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten, um im Gegenzug standortsgerechte Baumarten mit höheren Stabilitätswerten zu fördern. Dabei sollte eine zu schnelle Freistellung von zu fördernden Buchen vermieden und pro Eingriff nur 1-2 Bedränger entnommen werden (Auslesedurchforstung). Auf geeigneten Standorten sind Laubbaumarten im Stangenholz- bzw. jungen Baumholzstadium stärker zu fördern, um noch eine adäquate Kronenentwicklung zu ermöglichen. In überdichten Fichtenbeständen erfolgt eine Stammzahlreduktion mit dem Ziel, stabile Einzelbäume und Gruppen zu fördern und mittelfristig den H/D-Wert der Bäume zu verbessern.

Geringe Dringlichkeit: Reduktion/Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten sowie Förderung der Bestandesstabilität im Turnus von < 10 Jahren.

Tabelle 6.4: Beispielhafte Herleitung der Dringlichkeit zur Überführung von Waldbeständen in *Waldgruppe FTB*.

Aktueller Mischungstyp	Anteil am aktuellen Bestand	Baumarteneignung 2085 laut Waldtypenbeschreibung	Bestandeseignung	Dringlichkeit für Überführung 1 = sehr hoch = 0-3,9 2 = hoch = 4-7,9 3 = gering = 8-10	Empfohlener Zeitrahmen 1 = 20-40 Jahre 2 = 40-60 Jahre
Fichte	60 %	3	60 % * 3	2,5 → 1	1 oder 2, abhängig von Struktur und Einzelbaumstabilität
Tanne	30 %	4	+ 30 % * 4		
Buche	10 %	7	+ 10 % * 7		
			= 2,5		

Zur Herleitung der Dringlichkeit für die Überführung eines bestehenden Waldbestands in *Waldgruppe FTB* dient die Abb. 6.9 zur Verdeutlichung. Laub-Nadelwald Mischbestände aus z.B. Buche, Tanne und Fichte weisen zumeist eine höhere durchschnittliche Baumarteneignung auf. Wenn die Waldbestände eine hohe Vertikalstruktur, Textur und ausgebildete Jungwuchsstadien aufweisen, dann können die Bestände gemäß der waldbaulichen Zielsetzung weiter entwickelt werden, eine Überführung ist nicht dringlich. Strukturierte Nadelwaldbestände aus z.B. Fichte und Lärche mit einer geringeren durchschnittlichen Baumarteneignung, welche aber eine gewisse Strukturvielfalt und Jungwuchsstadien aufweisen, sollten in einem Zeitraum von 40-60 Jahren in einen klimafitten Waldbestand überführt werden. Reine Nadelwaldbestände aus Fichte und Lärche ohne vertikale Struktur aber mit stabilen Einzelbäumen sollten innerhalb von 20-40 Jahren überführt werden. Hingegen sollten einschichtige Fichten-Lärchen-Bestände mit instabilen und kurzkronigen Baumindividuen schon in weniger als 20 Jahren überführt werden, um einen klimafitten Waldbestand zu erreichen – in solchen Beständen ist die Dringlichkeit am höchsten (Abb. 6.9).

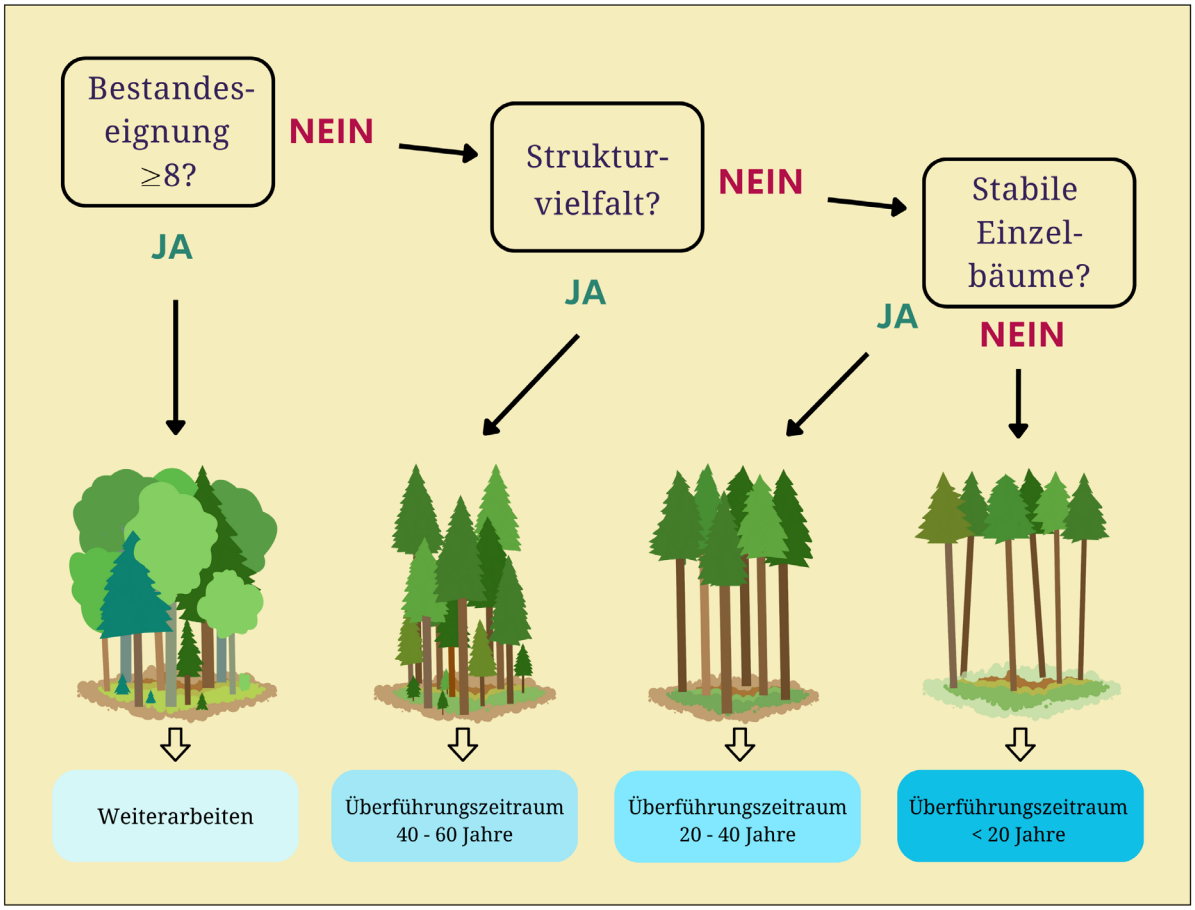


Abbildung 6.9: Schematische Darstellung für die Herleitung der Dringlichkeit zur Überführung von Waldbeständen in der *Waldgruppe FTB*.

6.4.3 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe FTB* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe BU* vorherrschen werden, also auf den betreffenden Standorten es zu einer Veränderung von der mäßig kühlen Mischwaldzone in die mäßig milde Mischwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand ausgeführt, darüber hinaus wurden für alle diese vier Optionen die waldbaulichen Maßnahmen nach den Bestandes-entwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert.

In der Tab. 6.5 sind Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Fichte-Tanne-Buche unter Anwendung von zwei verschiedenen Waldbaukonzepten (Lochhieb und Saumschlag) und in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse dargestellt. Als Ausgangslage sind dabei in allen Entwicklungsphasen jeweils ein einschichtiger Fichtenreinbestand unterstellt worden. (Anwendbar ab Wasserhaushaltsstufe 4, also auf frischen und sehr frischen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTB*).

In der Tab. 6.6 sind Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Waldbestände zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Lärche-Buche-Fichte in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse und unter Anwendung von zwei verschiedenen Waldbaukonzepten (Lochhieb und Saumschlag) dargestellt. Die Ausgangslage ist 60 % Fichte, 40 % Lärche, gleichaltriger und einschichtiger Waldbestand. Die Lochhiebe sollten einen Durchmesser von rund 1,5 Baumlängen haben, um die Etablierung der Lichtbaumart Lärche zu ermöglichen. (Anwendbar ab Wasserhaushaltsstufe 4, also auf frischen und sehr frischen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTB*).

In Tab. 6.7 sind Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Bestände zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Zirbe-Lärche-Buche ausgeführt, und zwar in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse und unter Anwendung von zwei verschiedenen Waldbaukonzepten (Lochhieb und Saumschlag). Die Ausgangslage ist 60 % Fichte, 40 % Lärche – gleichaltriger und einschichtiger Waldbestand, Lage in den westlichen Gebirgen der Steiermark in der *Waldgruppe FTB*.

In der Tab. 6.8 sind Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in Fichtenreinbeständen der *Waldgruppe FTB* in der mäßig kühlen Mischwaldzone – spezifisch für Unterhangstandorte – in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse und von der Seehöhe dargestellt. Die Ausgangslage ist 100 % Fichte in Form eines gleichaltrigen und einschichtigen Waldbestands. Mittels Lochhieben werden die Zielwald-Bestände durch Einbringung von Berg-Ahorn, Esche und Tanne auf Unterhangstandorten in den tiefergelegenen Bereichen und Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Tanne auf den höhergelegenen Unterhangstandorten der *Waldgruppe FTB* angestrebt. Es ist jeweils zu beachten, ob Esche aufgrund des Triebsterbens waldbaulich zu entwickeln ist, oder ob Berg-Ulme aufgrund des Ulmen-Splintkäfers Entwicklungschancen aufweist. Kahlschläge auf diesen Standorten können zu flächendeckendem Aufkommen der Hasel führen (tiefgelegene Bereiche der *Waldgruppe FTB*), welche in solchen Situationen die Verjüngung der anderen Baumarten vereitelt. Daher sind auf diesen Unterhangstandorten die beschriebenen kleinflächigen Verjüngungsverfahren empfohlen (kleinflächige Lochhiebe), um die Verjüngungsentwicklung der erwünschten Baumarten zu ermöglichen und eine Dominanz der Hasel zu vermeiden.

Tabelle 6.5: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichtenreinbeständen in den klimafitten Mischungstyp Fichte-Tanne-Buche.

FTB – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **Fi-Ta-Bu**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Fi-Ta-Bu**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten werden in den Reinbeständen belassen, Tanne und Buche werden auf angelegten Lochhiebsflächen gepflanzt. **Ziel**: Fichte 40 %, Tanne 30 %, Buche 30 %; U = 80-120 Jahre	Mischungsregulierung und Stabilitätsförderung in den Jugendstadien, Etablierung von Tanne und Buche auf Saumschlagflächen mittels Pflanzung. **Ziel**: Fichte 50 %, Tanne 30 %, Buche 20 %; U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von Ta und Bu in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi, Förderung von vitalen Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta und Bu, Ausformung von Gruppenmischung.	Ergänzung von Ta und Bu entsprechend Bestockungsziel, auf Jungwuchsflächen unter Einhaltung der Schlagruhe. Am Innensaum unbehandelter Bestände Voranbau von schattentoleranten Baumarten (Ta), Mischungs-regulierung zugunsten von Ta und Bu.
Dickung	
Mischungsregulierung auf Dickungsflächen zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta und Bu entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken.	Mischungsregulierung auf Dickungsfläche zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta und Bu entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen, Entnahme besonders schlanker Fi; Vorhandene Mischbaumarten konsequent fördern.	Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen und Entnahme besonders schlanker Fichten). Vorhandene Mischbaumarten konsequent fördern.
Baumholz	
Lochhiebe in den hiebsreifen Fi-Baumhölzern anlegen: 1-1,5 Baumlängen Durchmesser; auf entstandenen Freiflächen Pflanzung von Fi, Ta und Bu gemäß des Bestockungszieles. Voranbau von Ta unter Schirm ist empfehlenswert.	Nutzung von hiebsreifem Fi-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Voranbau von Ta unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen; Etablierung von Ta und Bu in Gruppen am Innensaum und von Fi am Aussensaum.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fichtenreinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Fi, Ta und Bu überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta und Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 6.6: Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Fichten-Lärchen-Beständen in den klimafitten Mischungstyp Lärche-Buche-Fichte.

FTB – Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Bestände	
Überführung in **Lä-Bu-Fi**-Bestände mittels **Lochhieben**	Überführung in **Lä-Bu-Fi**-Bestände mittels **Saumschlag**
Nachhaltige Sicherung des Lärchen-Anteils und Beginn der Etablierung von Buche mittels Lochhieben. **Ziel**: Lärche 40 %, Buche 30 %, Fichte 30 %, U = 80-120 Jahre	Überführung in Lärchen-Buchen-Fichten-Wälder mittels Saumschlagverfahren. **Ziel**: 40 % Lärche, 30 % Buche, 30 % Fichte, U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Naturverjüngung von Fi und Lä durch Pflanzung von Bu auf Kleinflächen ergänzen. Dabei wird in größeren Gruppen Lä und in kleineren Gruppen Fi und Bu etabliert. Dazu sind in den bestehenden Jungwüchsen Lücken für Bu zu schaffen.	Ergänzung von Bu in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi und Lä, Förderung von vitalen Fi und Lä aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Bu. Achtung auf das Bestockungsziel.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi und Lä; Ergänzungspflanzung von Bu entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi und Lä oder in vorhandenen Lücken.	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi und Lä; Ergänzungspflanzung von Bu entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi und Lä oder in vorhandenen Lücken.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität; Förderung von eventuell vorhandenen Mischbaumarten; Z-Baum- Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä.	Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität; Förderung von eventuell vorhandenen Mischbaumarten; Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä.
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Fi-Lä-Baumhölzern: 1-1,5 Baumlängen Durchmesser; Pflanzung von Bu in Gruppen; Fi und Lä etablieren sich über Naturverjüngung, eine ergänzende Pflanzung ist oft zur Erreichen des Bestockungsziels notwendig; Achtung auf Gruppengröße für Lä zur vitalen Kronenentwicklung.	Saumschläge in hiebsreifen Fi-Lä-Baumhölzern: 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung; Pflanzung von Lä, Bu und Fi entsprechend Bestockungsziel nach Einhaltung der Schlagruhe; Gruppenmischung für Lä beachten, um auch der Lichtbaumart Lä Entwicklungspotenzial zu verschaffen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Lä-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Lä, Bu und Fi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der Halbschatten-toleranten Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Lä muss in Lochhieben etabliert werden (Dauerwald-System für die Integration von Licht- und Schattbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 6.7: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichten-Lärchen-Beständen (60 % Fi, 40 % Lä) in den klimafitten Mischungstyp Zirbe-Lärche-Buche.

FTB – Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Bestände	
Überführung in **Zi-Lä-Bu**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Zi-Lä-Bu**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Lärchen werden belassen - Zirbe, Lärche und Buche werden auf Lochhiebsflächen gepflanzt. **Ziel**: Zirbe 40 %, Lärche 30 %, Buche 30 %, U = 120-160 Jahre	Stabile Lärchen werden belassen, Etablierung von Zirbe, Lärche und Buche auf Saumschlagflächen mittels Pflanzung. **Ziel**: Zirbe 40 %, 30 % Lärche, 30 % Buche, U = 120-160 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzungspflanzung Zi, Bu unter Integration vorhandener Naturverjüngung von Lä; vorhandene Lücken für Kunstverjüngung nutzen oder Schaffung von Lücken nach Entfernung von Fi; Verwendung artspezifischer Mykorrhiza für Zi.	Pflanzung Lä, Bu, Zi entsprechend des Bestockungsziels durch Entfernung von Fi, Belassen stabiler Lä und Auffüllung bestehender Lücken. Lä und Zi in Gruppen etablieren, Bu eventuell auch in Einzelmischung; Verwendung artspezifischer Mykorrhiza für Zi.
Dickung	
Erhaltung der Mischbaumarten, Ergänzungspflanzung von Zi, Bu: Regulierung der Baumartenverteilung in Hinblick auf das Bestockungsziel; Entfernung von Fi, Pflanzung von Zi in Gruppen, stabile Lä-Gruppen erhalten; Bu in Einzel- oder Gruppenmischung etablieren.	Pflanzung, Lä erhalten: Regulierung der Baumartenverteilung im Dickungsstadium im Hinblick auf das Bestockungsziel; Entfernung von Fi, Pflanzung von Zi in Gruppen, stabile Lä-Gruppen erhalten; Bu in Einzel- oder Gruppenmischung etablieren; Verwendung artspezifischer Mykorrhiza für Zi.
Stangenholz	
In bestehenden Fi-Lä-Stangenhölzern ist auf Stabilitätskennwerte wie H/D-Verhältnis und Vitalität zu achten; Entnahme besonders schlanker Fi und Lä zur Optimierung der H/D-Werte; Entnahmen von wenig vitalen Individuen; Auslesedurchforstung: Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Lä und Fi	In bestehenden Fi-Lä-Stangenhölzern ist auf Stabilitätskennwerte wie H/D-Verhältnis und Vitalität zu achten: Entnahme besonders schlanker Fi und Lä zur Optimierung der H/D-Werte; Entnahmen wenig vitaler Individuen; Auslesedurchforstung: Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Lä und Fi.
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Fi-Lä-Baumhölzern: 2 Baumlängen Durchmesser; Pflanzung Bu und Zi in je einer Lochhiebsfläche nach Schlagruhe; Etablierung Lä vor allem in größeren Lücken über Naturverjüngung; Achtung auf Bestockungsziel; Verwendung artspezifischer Mykorrhiza für Zi.	Saumschläge in hiebsreifen Fi-Lä-Baumhölzern: 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung; Pflanzung nach Schlagruhe; Zi, Lä in Gruppenmischung, Bu auch in Einzelmischung; Verwendung artspezifischer Mykorrhiza für Zi; Achtung auf das Bestockungsziel.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fichten-Lärchen-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Zi, Lä und Bu überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der Halbschatten-toleranten Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Lä muss mittels Lochhieben verjüngt werden; für Zi ist ebenfalls Gruppenmischung anzustreben (Dauerwald-System für die Integration von Licht- und Schattbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre**.	

Tabelle 6.8: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichtenreinbeständen in die klimafitten Mischungstypen Berg-Ahorn-Esche-Tanne oder Berg-Ahorn-Berg-Ulme-Tanne.

FTB – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände (Unterhangstandorte)	
Überführung in **BAh-Es-Ta**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **BAh-BUl-Ta**-Bestände durch **Lochhiebe**
Berg-Ahorn, Esche und Tanne werden mittels Naturverjüngung oder durch Kunstverjüngung etabliert; Verjüngungsverfahren Lochhiebe. **Ziel**: 50 % Berg-Ahorn, 30 % Tanne, 20 % Esche; Oder: 70 % Berg-Ahorn, 30 % Tanne; U = 80-120 Jahre	Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Tanne werden mittels Naturverjüngung oder durch Kunstverjüngung etabliert; Verjüngungsverfahren Lochhiebe. **Ziel**: 50 % Berg-Ahorn, 30 % Tanne, 20 % Berg-Ulme; Oder: 70 % Berg-Ahorn, 30 % Tanne; U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Auf Jungwuchsflächen Fi entfernen, vorhandene BAh, Es, Ta fördern oder pflanzen (Mischungsregulierung), Achtung auf das Bestockungsziel.	Auf Jungwuchsflächen Fi entfernen, vorhandene BAh, BUl, Ta fördern oder pflanzen (Mischungsregulierung), Achtung auf das Bestockungsziel.
Dickung	
Entfernung der Fi im jungen Dickungsstadium; Förderung der Naturverjüngung von BAh, Es und Ta oder Pflanzung; bei Mischungsregulierung auf das Bestockungsziel achten.	Entfernung der Fi im jungen Dickungsstadium; Förderung der Naturverjüngung von BAh, BUl und Ta oder Pflanzung; Mischungsregulierung; Achtung auf das Bestockungsziel.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fichten, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fichten).	Entfernung von kranken oder instabilen Fichten, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fichten).
Baumholz	
Hiebsreife Fi-Baumhölzer werden mittels Lochhieben verjüngt: Etablierung von BAh, Es und Ta mittels Naturverjüngung oder Pflanzung (je nach Ausgangslage) auf den Lochhiebsflächen; Pflanzung unter Einhaltung der Schlagruhe.	Hiebsreife Fi-Baumhölzer werden mittels Lochhieben verjüngt: Etablierung von BAh, BUl und Ta mittels Naturverjüngung oder Pflanzung (je nach Ausgangslage) auf den Lochhiebsflächen; Pflanzung unter Einhaltung der Schlagruhe.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit BAh, Es und Ta oder BAh, BUl und Ta überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

6.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe FTB* kommen in der Steiermark regional Schutzwälder vor. Speziell in den steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen und felsigen Taleinhängen ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe FTB* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Nadel- und Laubbaumarten gemeinsam vorhanden sind. Etwa gegenüber Sturm sind Mischbestände aus Laubbaumarten und Nadelbaumarten deutlich beständiger (Schmidt et al. 2005). Als besonders bedeutsame Baumarten für eine effiziente Schutzwirkung sind Lärche und Tanne, sowie Buche und Berg-Ahorn hervorzuheben. Es ist zu beachten, die durch den Klimawandel bedingte erhöhte Bedeutung der Buche und die mögliche Einwanderung der Eichenarten in die Waldbestände der heutigen *Waldgruppe FTB* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil. Es sind daher ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige vertikale und horizontale Struktur aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe FTB* effizient umsetzbar, weil die entsprechende Baumartenvielfalt (Tanne, Buche, Lärche, Fichte, etc.) vorhanden ist. Bereits 1831 hat Zötl erkannt, dass die „Ungleichheit an Alter und Größe“ Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist.

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991). Auf möglichst langkronige, abholzige Waldränder ist ebenfalls zu achten (Frehner 2005).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der Baumarten Buche, Tanne, Fichte und Lärche von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger in der *Waldgruppe FTB* sind Berg-Ahorn, Esche (nach Auslaufen des Eschensterbens) und Eibe. In der Klimazukunft können auf tiefergelegenen und sonnseitigen Standorten der Waldgruppe auch die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) zu Stabilitätsträgern heranreifen.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppe FTB* möglichst geschlossen und strukturreich zu halten. Bei Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind Bestandeslücken daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden würden. Tiefwurzelnde Baumarten (Tanne, Lärche, Berg-Ahorn, Eichenarten) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden.

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während Fichte nach Verletzungen anfällig für Fäule ist, sind Lärche und Berg-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch weitere Laubbaumarten der *Waldgruppe FTB* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Buche, Mehlbeere). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe, liegende Stämme, etc. rollende Steine beträchtlich. Allerdings kann es nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus dazu kommen, dass abgelagerte (aufgehaltene) Steine wieder in Bewegung kommen. Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung verstärken. Insgesamt ist also besser darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern (Buche) und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

7. BU – Buchenwald-Standorte
in der mäßig milden Mischwaldzone

Tabelle 7.1: Übersicht zu den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU* - Buchenwald-Standorte in der mäßig milden Mischwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
BU3c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	mäßig frisch	6.263 ha / 2,7 %
BU45c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	frisch bis sehr frisch	32.363 ha / 14,0 %
BU3g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	mäßig frisch	7.023 ha / 3,0 %
BU45g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	frisch bis sehr frisch	26.168 ha / 11,3 %
BU3r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	mäßig frisch	3.784 ha / 1,6 %
BU4r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	frisch	16.628 ha / 7,2 %
BU5r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	sehr frisch	11.621 ha / 5,0 %
BU3m	mäßig basenhaltig	intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch	2.518 ha / 1,1 %
BU45m	mäßig basenhaltig	intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	39.570 ha / 17,2 %
BU3u	basenunterversorgt	rückstandsarme intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch	3.062 ha / 1,3 %
BU45u	basenunterversorgt	rückstandsarme intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	81.794 ha / 35,4 %

Charakteristika

Verbreitung

Die *Waldgruppe BU* (Buchenwald-Standorte) in der **mäßig milden Mischwaldzone** kommt auf rund 230.794 ha (21,2 % der Waldfläche) in der Steiermark vor. Hier vor allem auf talnahen Standorten aller Gebirgsgruppen und auf Einhängen in das Ost- und Weststeirische Hügelland. Die Waldvegetationszone korrespondiert mit der klassisch definierten - tiefmontanen Höhenstufe.

Baumartenspektrum

Buche, Tanne, Fichte, Lärche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Esche, Trauben-Eiche, Stiel-Eiche, Berg-Ulme, Vogel-Kirsche, Hainbuche, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Edelkastanie, Walnuss, Eibe, Birke, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Mehlbeere, Vogelbeere, Elsbeere, Stechpalme, Hopfenbuche und Manna-Esche

Gastbaumarten

Douglasie, Rot-Eiche

Strukturen

Aufgrund der hohen Baumartenvielfalt und weiten Verbreitung treten sehr vielfältige Waldstrukturen auf; aktuell gibt es einen hohen Anteil an Nadelbaumreinbeständen (Fichte, Fichte-Lärche). Bei dominierender Buche gibt es die Tendenz zu einschichtigen Buchenhallenbeständen.

7.1 Standorte heute

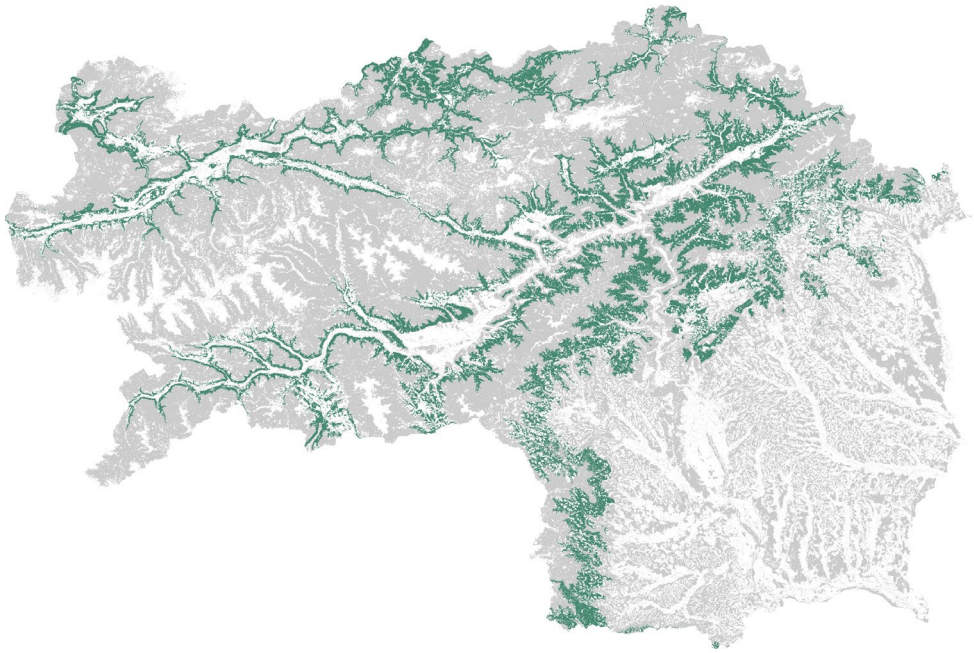


Abbildung 7.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe BU – Buchenwald-Standorte* in der *mäßig milden Mischwaldzone* der Steiermark. Daten-Basis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU* kommen in der Steiermark in den temperierten Gebirgs- und Hügellagen vor (Abb. 7.1), welche mit der *mäßig milden Mischwaldzone* korrespondieren. Diese erstreckt sich in ihrem Kernbereich aktuell etwa zwischen 700 m und 1000 m Seehöhe (siehe Abb. 7.5). Die *Waldgruppe BU* ist in der Steiermark flächenmäßig am weitesten verbreitet und nimmt aktuell 230.794 ha ein, was 21,2 % der steirischen Waldfläche entspricht. Neben den meteorologischen Faktoren lässt sich das u.a. damit erklären, dass Gebirge in ihren tieferliegenden Höhenbereichen die größte Flächenausdehnung aufweisen, und Gipfellagen flächenmäßig weniger bedeutsam sind. Die *Waldgruppe BU* tritt in allen talnahen Bereichen der Gebirgsgruppen der Steiermark und an Einhängen von Hochwechsel, Stuhleck, Pretul, Fischbacher Alpen, Gleinalpe und Koralpe in das Ost- und Weststeirische Hügelland auf.

Die Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe BU* groß. Es finden vor allem Buche, Tanne, Fichte und Lärche geeignete Standortsbedingungen. Des Weiteren sind Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Esche, Trauben-Eiche, Stiel-Eiche, Edelkastanie, Walnuss, Berg-Ulme, Vogel-Kirsche, Hainbuche, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Eibe, Birke, Mehlbeere, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Elsbeere, Vogelbeere, Stechpalme, Hopfenbuche und Manna-Esche als geeignet hervorzuheben. In dieser Waldvegetationszone ist auch der Einsatz von diversen Gastbaumarten wie Douglasie und Rot-Eiche möglich. Viele Douglasien-Bestände in Österreich befinden sich in dieser Waldvegetationszone. Hinsichtlich Berg-Ulme wird angemerkt, dass die vom Ulmensplintkäfer weitverbreitete Pilzkrankheit in der Vergangenheit zu großflächigem Absterben der Bäume geführt hat und was auch heute immer noch insbesondere bei mittelalten bis älteren Bäumen zum Ausfall führt. Ähnlich ist die Situation bei den Eschen, wo das

Eschensterben derzeit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung dieser Baumart nicht zulässt.

Aufgrund der flächenmäßig weiten Verbreitung der *Waldgruppe BU* unterscheidet sich die Eignung der Baumarten regional. Es lassen sich folgende Schwerpunkte erkennen:

Wärmebegünstigte Lagen – Einhänge in das Ost- und Weststeirische Hügelland

In den wärmebegünstigten Lagen der *Waldgruppe BU* in der Steiermark ist die Buche mit der Tanne am besten geeignet, die aktuellen Standortsbedingungen zu nutzen, wie etwa auf Einhängen im Ost- und Weststeirischen Hügelland oder im unteren Mur- und Mürztal. In diesen Regionen kann die Buche großflächig bestandesbildend werden.

Kalte Gebirgstäler

In den kalten Gebirgstälern der Steiermark wie etwa im Salzatal, im oberen Murtal oder im Ennstal sind Buche, Tanne, Fichte und Lärche in der *Waldgruppe BU* gleichermaßen geeignet, die Standortsbedingungen für ihr Wachstum zu nutzen. Je nach Zielsetzung der Bewirtschaftung können einzelne Baumarten dominieren, aktuell weisen die Waldbestände in der Regel hohe Nadelbaumanteile auf.

Südeinhänge in das Mur- und Ennstal und in weitere Talschaften

Auf südexponierten Einhängen (vor allem Süd-, Südost- und Südwest-Lagen) im Murtal, Mürztal, Ennstal, Katschtal, Paltental und Liesingtal herrschen spezifische Standortsbedingungen. Durch den hohen Wärmegenuss konnte sich Stiel-Eiche bereits in der Vergangenheit oft etablieren und stellt – vor allem im Hinblick auf den Klimawandel – eine hervorragende Ergänzung des Baumarten-Spektrums in der mäßig milden Mischwaldzone dar. Deutlich unterschiedlich sind die in derselben Tal- und Höhenlage situierten Nordeinhänge in diese Talschaften ausgeprägt, wo relativ kühlere Rahmenbedingungen die Baumarten Buche, Tanne, Fichte und Lärche begünstigen.

Unterhang-Standorte der Talschaften

Auf Unterhangstandorten in den größeren Talschaften treten innerhalb der *Waldgruppe BU* Standortsbedingungen auf, welche das Wachstum der Baumarten Berg-Ahorn oder Spitz-Ahorn (in den wärmeren Tallagen) und Esche begünstigen. Es kommt durch die Akkumulation von Mineralboden- und Humusstoffen zu einer Anreicherung von Basen und Nährstoffen, also zu klassischen „Gewinnlagen“ im standortskundlichen Sinn. Daher sind dort oft Ahorn-Eschen-Waldstandorte zu finden. Diese Standorte können in den Karten nicht räumlich explizit dargestellt werden, sie sind lokal am relativ starken Auftreten der Hasel in der Strauchschicht und an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Die Höhenerstreckung dieser Standorte liegt zwischen 50 m - 200 m an den Unterhängen.

Relief

Es sind in der *Waldgruppe BU* der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Mittelhanglagen und Unterhanglagen dominieren. Auf Einhängen in das West- und Oststeirische Hügelland und in das Grazer Becken sind die Landschaftselemente eher sanft ausgeprägt. In den Nordöstlichen Kalkalpen im Ennstal, oberen Mürztal und Salzatal sind steile Mittelhang- und Unterhanglagen landschaftsprägend. In den Gebirgsgruppen Niedere Tauern, Nockberge, Zirbitzkogel, Gleinalpe, Koralpe und Fischbacher Alpen ist das Relief in der mäßig milden Mischwaldzone sowohl

von sehr steilen Hängen als auch von mittleren Steillagen geprägt. Die Schutzwald-Funktion der Waldbestände der *Waldgruppe BU* ist überall dort, wo Steillagen mit hohen Felsanteilen ausgebildet sind, von zentraler Bedeutung. In dieser Hinsicht sind vor allem die Kalkalpen in der Steiermark hervorzuheben.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der mäßig milden Mischwaldzone der *Waldgruppe BU* betrug im Zeitraum 1998-2018 rund 7,0 °C. Dabei schwankt die Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten kaum, in BU3g ist sie mit 7,2 °C am höchsten (Kalkalpen), in BU5r ist sie mit 6,9 °C am geringsten (Zentralalpen) (Abb. 7.2). Die hohe Wärmeversorgung bedingt, dass in der Waldgruppe bereits aktuell eine sehr große Baumartenvielfalt ausgebildet ist.

Der **Jahresniederschlag** in der mäßig milden Mischwaldzone der *Waldgruppe BU* betrug im Zeitraum 1998-2018 rund 1.093 mm. Die Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone ist aufgrund der talnahen Lagen damit eher im mittleren Bereich angesiedelt. Dabei schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten deutlich, in BU45c ist der Wert mit 1.413 mm am höchsten (Kalkalpen), in BU3r ist der Wert mit 909 mm am geringsten (Zentralalpen) (Abb. 7.2). Grundsätzlich variiert der Jahresniederschlag gemäß den Regionen/Wuchsgebieten der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. In der Waldgruppe BU sind die Wasserhaushaltsklassen „mäßig frisch“ bis „sehr frisch“ am weitesten verbreitet. Die wichtigste Wasserhaushaltsstufe ist in der *Waldgruppe BU* in der Steiermark aber „frisch bis sehr frisch“ (Wasserhaushaltsstufe 4 bis 5, wie die Einheiten BU45u, BU45m, BU45g und BU45c). Feuchte Standorte (Wasserhaushaltsstufe 6) kann Buche nicht erschließen, ebenso fehlt sie auf trockenen Standorten (Wasserhaushaltsstufe 1).

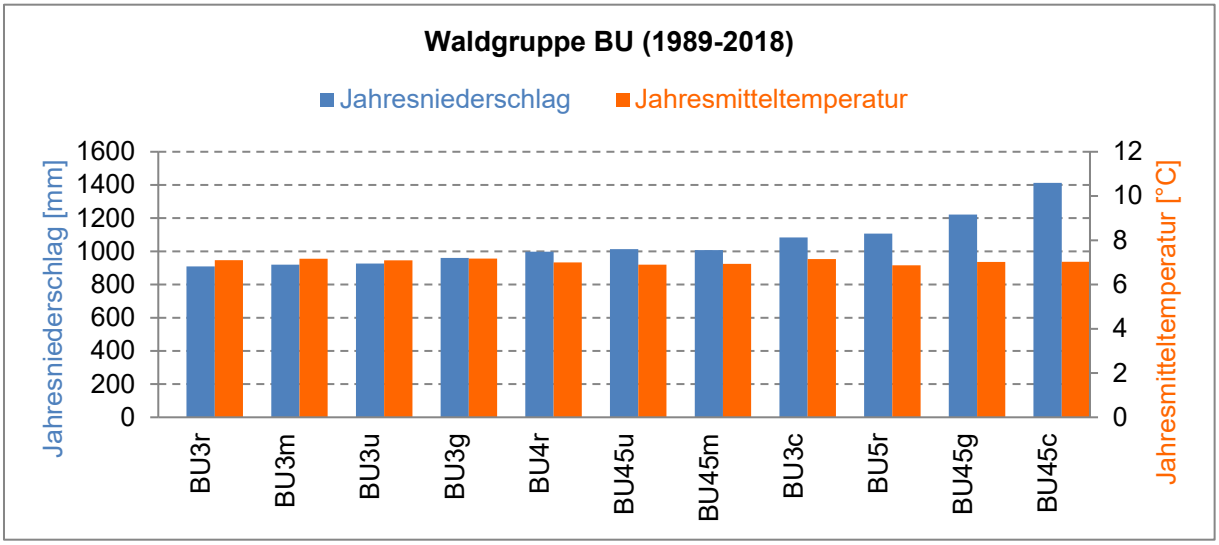


Abbildung 7.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe BU* für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab. Buche ist anspruchslos an die Nährstoffversorgung, dennoch ist sie auf Karbonat-Gesteinen bzw. basenreichem Silikatgestein konkurrenzkräftiger. Fast alle vorkommenden geologischen Substrate werden von Buche bestockt. Jedoch können alle Baumarten der *Waldgruppe BU* die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen. Die unterschiedliche Nährstoffversorgung für die Baumarten wird auch durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU* angezeigt. Die nährstoffreichste Standortseinheit ist durch basenreiche Substrate mit einer sehr guten Wasserversorgung bedingt (BU5r). Am wenigsten Nährstoffe zeigen Standorte mit dem nährstoffarmen Bodentyp Rendzina und der relativ geringen Wasserversorgung mäßig frisch (BU3c) an. Die Standortsunterschiede bezüglich der Nährstoffversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen. Auf sehr sauren Grundgesteinen kann sich Buche nicht erfolgreich etablieren und fehlt daher dort. Das bedeutet, dass in der mäßig milden Mischwaldzone auf den sehr sauren Substraten (Basenklasse „e“ – extrem basenarm) die Waldstandorte der *Waldgruppe FTK* (Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte) definiert wurden.

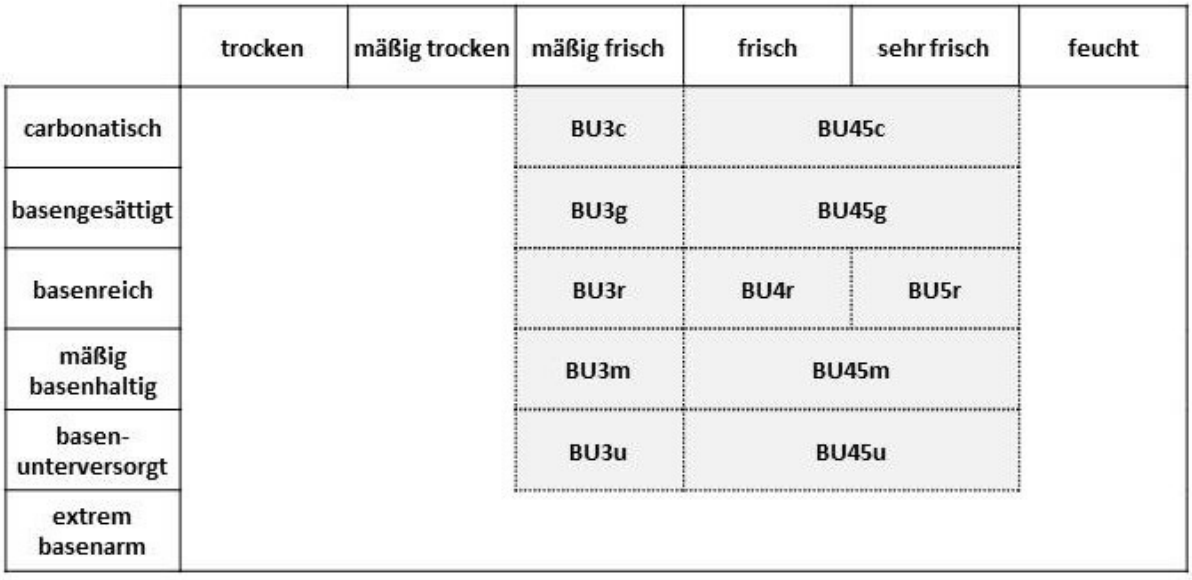


Abbildung 7.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU* –Buchenwald-Standorte.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 7.3).

7.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einer annähernd gleichbleibenden mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandel-Szenarien) zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU* in höhere Lagen der Hügellandschaften und Gebirge in der Steiermark und zu einer Flächenzunahme (Abb. 7.4 und 7.5). Die Eiche zeigt die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft in Bereiche der heutigen Buchen-Waldgruppe als potenziell dominante Baumart immer mehr an Bedeutung gewinnen wird. Die *Waldgruppe BU* wird somit auf weiten Bereichen in die *Eichen-Buchenwald-Gruppe* (*EB – milde Laubwaldzone*) übergehen. Der Prozess der Einwanderung der Eiche (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) beziehungsweise ihre gesteigerte Bedeutung auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe BU* kann nur waldbaulich beschleunigt und unterstützt werden. Auch wenn die Eichenarten eine immer bessere Standortstauglichkeit aufweisen, müssen sie – wegen der hohen Konkurrenzkraft der Buche – durch Waldbaumaßnahmen gefördert werden, um bestandesbildend etabliert werden zu können.

Die meisten Baumarten der *Waldgruppe BU* werden in der Klimazukunft ihre Standortstauglichkeit bewahren können, allerdings wird die Baumarten-Eignungszahl einiger Baumarten deutlich absinken. Die Fichte wird, aufgrund des mit dem prognostizierten Temperaturanstieg einhergehenden höheren Risikos für Borkenkäfer-Befall und Trockenschäden (z.B. Jönsson et al. 2017), auf vielen Standorten eine höhere Mortalität aufweisen. Darüber hinaus wird die Standortstauglichkeit von Buche vor allem auf mäßig frischen und sonnexponierten Standorten mit wenig Wasserspeicherkapazität abnehmen. Die Tauglichkeit der Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) und weiterer trockenheitsresistenter Baumarten (Schwarz-Kiefer, Elsbeere, etc.) wird ansteigen, weshalb sie auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe BU* an Bedeutung gewinnen werden.



Abbildung 7.4: Verbreitung der *Waldgruppe BU* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

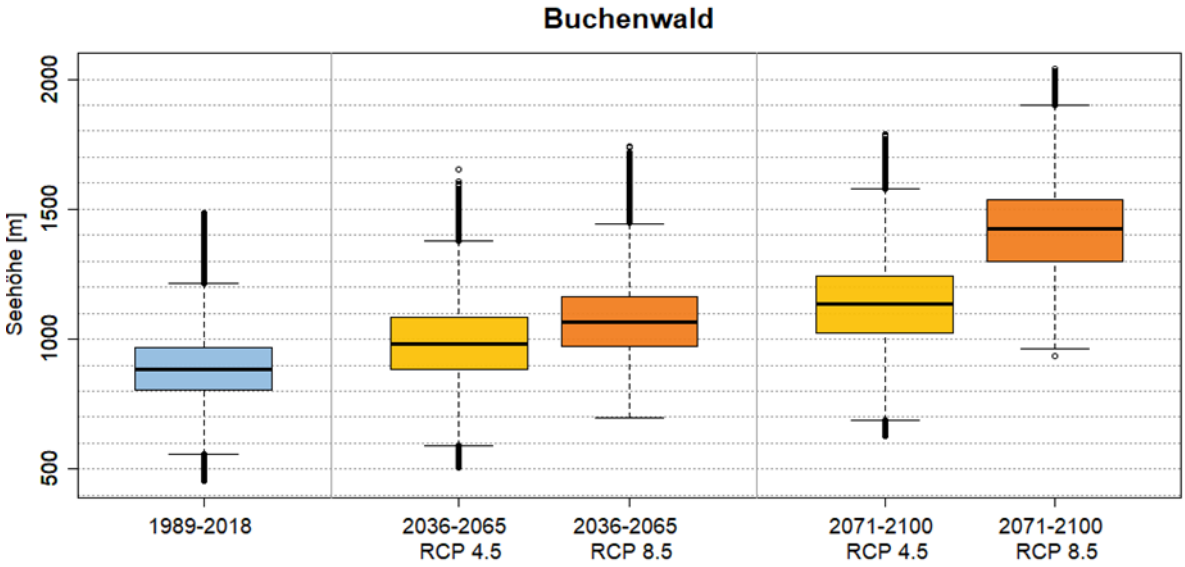


Abbildung 7.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe BU* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

In der mäßig milden Mischwaldzone der *Waldgruppe BU* ist laut Klimaszenarien ein deutlicher Anstieg der Jahresmitteltemperatur zu erwarten, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 7.2). Die Veränderung der Jahresmitteltemperatur von aktuell 7,0 °C auf 8,9 °C im Jahr 2085 unter RCP 4.5 würde den Werten der milden Laubwaldzone (*Waldgruppe EB*) entsprechen, jene auf 10,4 °C unter RCP 8.5 würde den Werten der sehr milden Laubwaldzone (*Waldgruppe EH*) entsprechen (Tab. 7.2).

Tabelle 7.2: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der *Waldgruppe BU.*

Zeitlinie	1989 - 2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmitteltemperatur (°C)	7,0 °C	8,9 °C	10,4 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	1.093 mm	1.160 mm	1.122 mm

Je nach Klimaszenario wird BU3m (RCP 4.5) mit 9,2 °C oder BU3g (RCP 8.5) mit 10,6 °C die höchste Jahresmitteltemperatur aufweisen und BU45u (RCP 4.5) mit 8,8 °C oder BU5r (RCP 8.5) die geringste mit 10,3 °C. Der Jahresniederschlag wird unabhängig vom Klimaszenario in BU45c am größten (Kalkalpen: 1.495 mm bzw. 1.454 mm) und in BU3r am kleinsten sein (Zentralalpen: 976 mm bzw. 935 mm) (Abb. 7.6 und 7.7).

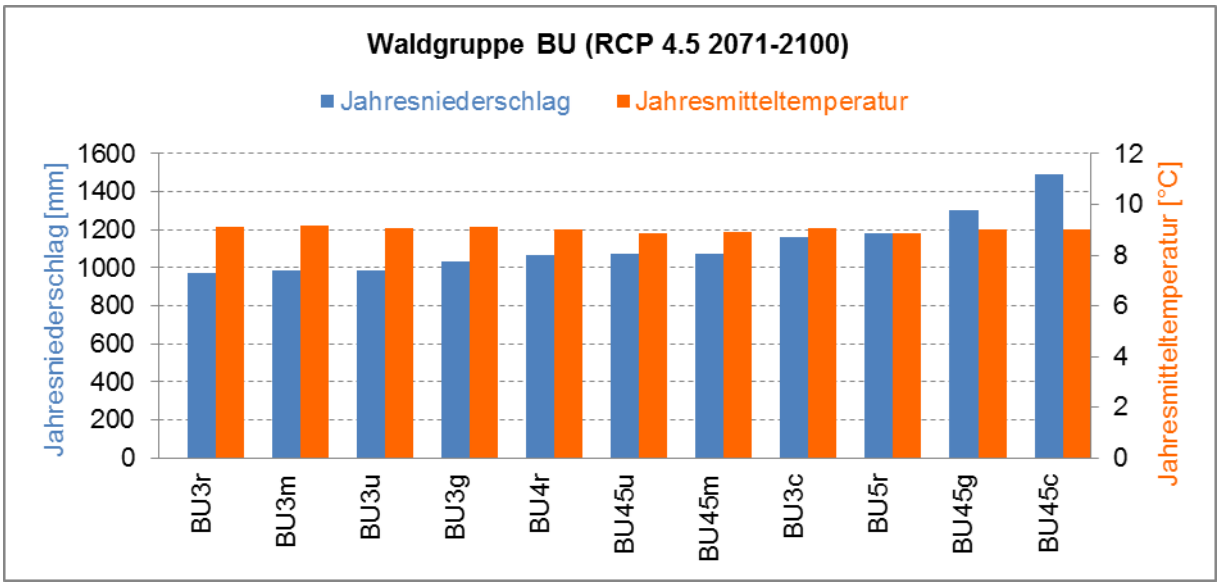


Abbildung 7.6: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe BU* für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 4.5 für die Steiermark.

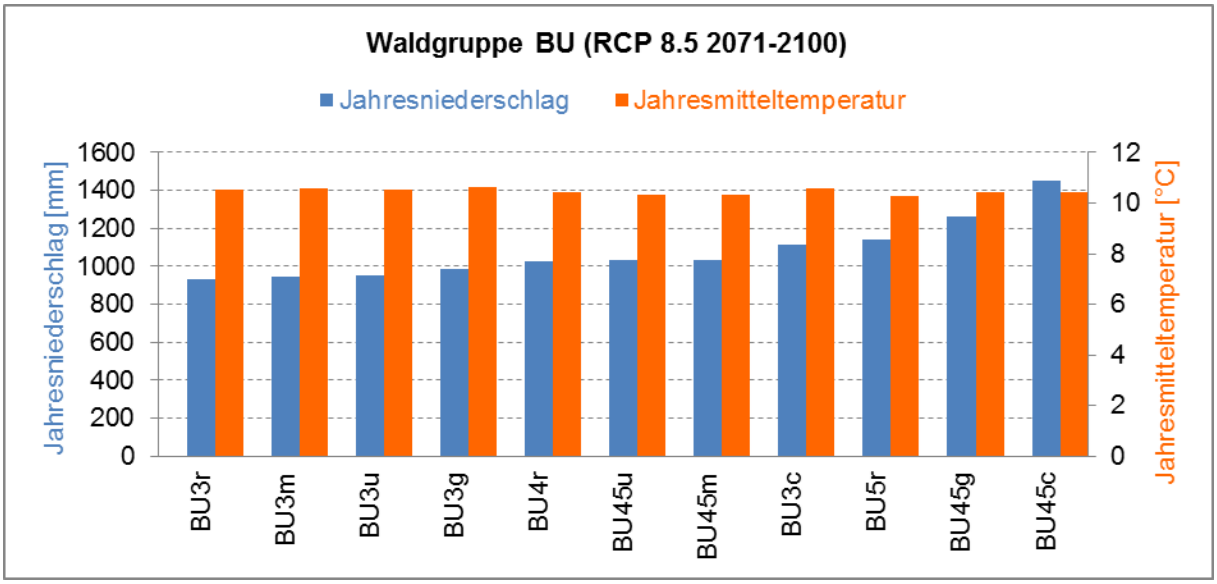


Abbildung 7.7: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe BU* für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 8.5 für die Steiermark.

7.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf den mäßig frischen Standorten (BU3c, BU3u) kann Vergrasung als Folge von großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf sehr frischen und nährstoffreichen Standorten (BU5r, BU5m) können wiederum Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Insbesondere die nährstoffarmen Standorte (BU3u, BU45u, BU3c, BU45c) können durch großflächige Kahlschläge oder intensive Biomasse-Nutzung degradiert werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoff-Auswaschung und auf Silikat zur Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. Gerade die Buche ist sensibel auf langfristigen Nährstoffentzug (Thomasius 1996). So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz, speziell von Ästen und Zweigen, einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996). Das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde stellt einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe BU* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt (Moos et al. 2016), was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden. Möglichst wurzelintensive Baumarten sind zur Bodenstabilisierung zu bevorzugen, wie etwa die Eichenarten, Berg-Ahorn, Tanne, Lärche und Buche (Thomasius 1996).

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (BU3c, BU45c). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe BU* aktuell selten, können aber durchaus auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische Schneefall-Ereignisse, wodurch Wipfelbruch bei Fichte auftrat. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichten-Stangenhölzer, da der schwere Schnee auf dem einschichtigen Kronendach abgelagert wird (z.B. Kalberer 2007). Tannen können dem offensichtlich besser widerstehen, wie die deutlich geringeren Schäden an dieser Baumart nach dem massiven Schnee- und Eisanhang-Ereignis 2014 im Süden Österreichs und in Slowenien gezeigt haben. Grundsätzlich zählen die Laubbaumarten und somit auch Buche zu den besonders schneebruchresistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten und von Lärche in der Waldgruppe hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann Buchenkronen erheblich schädigen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe BU* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B.

bei Fichte Rotfäule-Bildung, bei Buche Rotkern-Bildung und Weißfäule). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe BU* mit großer Häufigkeit in den Kalkalpen der Steiermark auf, allerdings ist Steinschlag-Gefahr auch in den anderen Gebirgsgruppen möglich.

Waldbrand: In der *Waldgruppe BU* ist auf sonnseitigen und mäßig frischen Standorten Waldbrandgefahr gegeben, vorallem wenn dort Nadelbaumreinbestände stocken. Speziell die Standorte mit ausgeprägten Moderhumus-Auflagen sind von einer erhöhten Brandgefahr betroffen (etwa BU3c). Daher sind vor allem auf den sonnseitigen Standorten der Waldgruppe während Trockenperioden äußerste Achtsamkeit und Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um etwaige Brandentwicklungen zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände aber auch schattseitig und auf allen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU* auftreten. Laubbaumbestände sind generell weniger gefährdet.

Trockenheit: In großen Bestandeslücken führt direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung. Buche leidet stark unter Trockenheit: Rindenbrand, Rindenrisse und das „Peitschensyndrom“ (Einziehen der Krone) treten auf. In der *Waldgruppe BU* sind das Auftreten von Trockenstress und mögliche Trockenschäden an Waldbeständen besonders auf den mäßig frischen (BU3c, BU3u) und sonnseitigen Standorten gegeben. Am stärksten anfällig dafür sind aktuell stockende Fichtenreinbestände, aber auch Buche reagiert darauf empfindlich. Sehr lange andauernde Trockenperioden führen auf allen Standorten der Waldgruppe zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016).

Insekten: Die mäßig milde Mischwaldzone birgt aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine erhöhte Gefahr für Borkenkäfer-Kalamitäten. Aktuell sind von **Fichte** dominierte Bestände in der *Waldgruppe BU* durch Borkenkäfer gefährdet (insbesondere Buchdrucker, weniger Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden bzw. den dadurch für eine Borkenkäfermassenvermehrung besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Gezieltes Monitoring der Populationsentwicklung der Borkenkäfer wird in der *Waldgruppe BU* auf allen Standorten mit Fichtenbestockung empfohlen.

Bei **Lärchen** sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*), insbesondere entlang der Mur-Mürzfurche, dokumentiert.

Die **Buche** ist aktuell vor allem durch den zweifärbigen Buchen-Borkenkäfer, den Buchen-Prachtkäfer (*Agrilus viridis*) und die Buchen-Wolllaus gefährdet. Für Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer sind insbesondere freigestellte Bäume während Trocken- oder Hitzeperioden anfällig, die bereits durch Sonnenbrand vorgeschädigt waren (Brück-Dyckhoff et al. 2019).

Für **Tanne** sind aktuell Gefahren bezüglich Schädlingsbefall vor allem im Hinblick auf die Tannentrieblaus gegeben. Während die Weiß-Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weiß-Tannentrieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeschleppten Arten, die Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus

(*Dreyfusia merkeri*), als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999).

Pilzerkrankungen: Wurzelfäule-Erreger an **Buche** sind Riesenporling (*Meripilus giganteus*) und Hallimasch (*Armillaria mellea*). Buchenkrebs (*Nectria galligena*), Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) und die Krautfäule-Erreger (z.B. die Buchenkeimlingskrankheiten *Phytophtora cactorum* und *Pythium spp.*) können ebenfalls lokal zu einem Problem werden (Ebner und Scherer 2001; Altenkirch et al. 2002).

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall bedingt absterben. Lärchenkrebs kann in Lagen hoher Luftfeuchte und insbesondere in dichten Beständen mit zu geringer Durchlüftung zur Schwächung oder sogar zum Ausfall der Baumart führen.

Die **Esche** ist in Österreich seit dem Jahr 2005 stark vom Eschen-Triebsterben betroffen, welches in einigen Talschaften der Steiermark nahezu alle Eschen geschädigt oder zum Absterben gebracht hat. Die Befallsintensität ist in der Steiermark regional sehr unterschiedlich. Vor allem auf den Unterhang-Standorten, wo Esche gemeinsam mit den Ahornarten große Bedeutung hat, ist die vom Falschen Weißen Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöste Pilzerkrankung regional sehr massiv. Eine erfolgreiche Umsetzung forstlicher Vorhaben kann derzeit nicht erwartet werden, womit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung für diese Baumart aktuell nicht möglich ist. Trotzdem ist hervorzuheben, dass vereinzelte vitale Eschen die Auswirkungen der Krankheit auch überwinden werden können und die Baumart somit in waldbauliche Entscheidungen mit einbezogen werden kann.

In der folgenden Abb. 7.8 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe BU* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

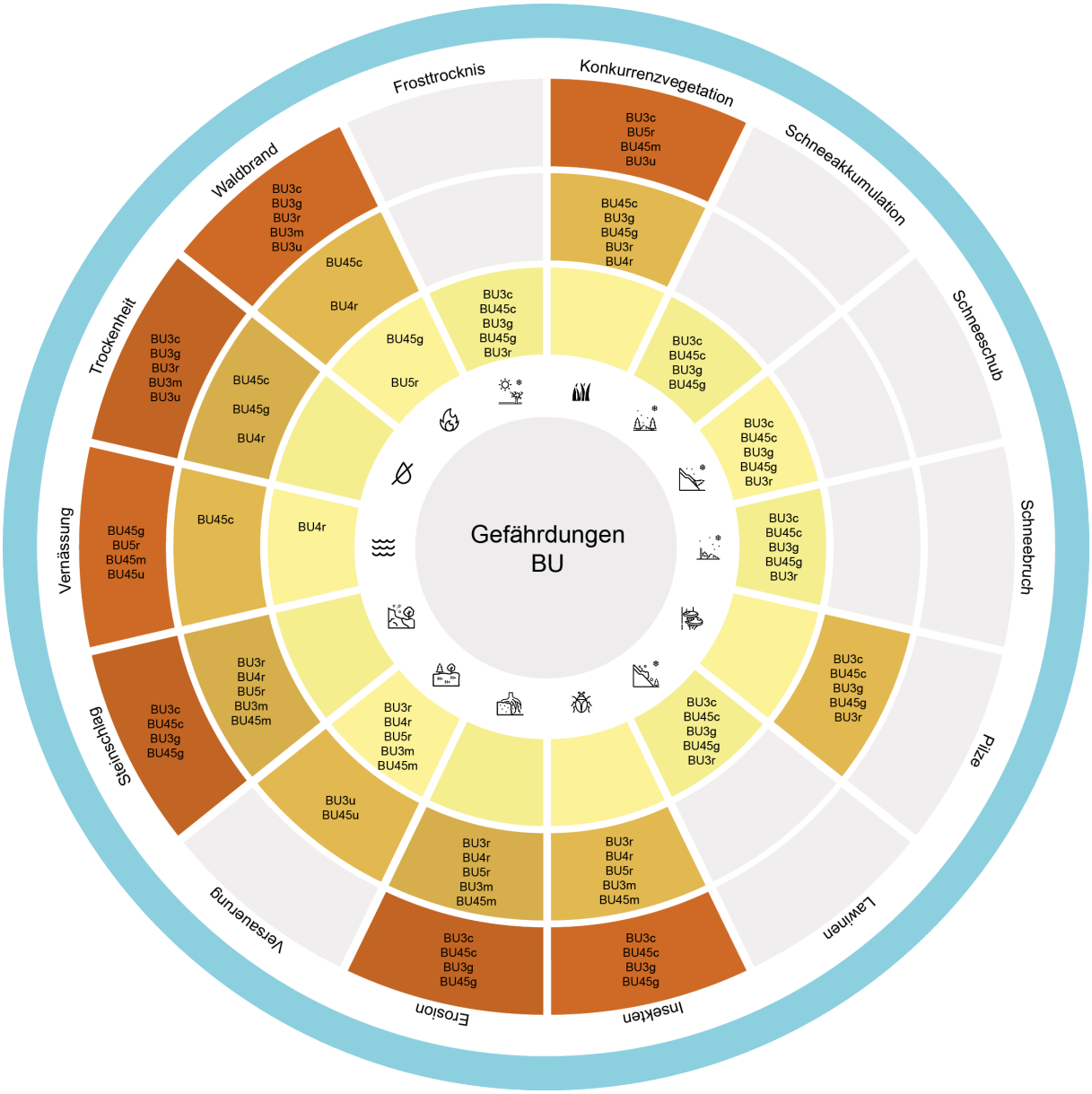


Abbildung 7.8: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf Standorten der *Waldgruppe BU*.

7.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen steigende Risiken für Waldbestände und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten (siehe Kap. 7.3) erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe BU* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe BU*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe BU* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe BU* in der *mäßig milden Mischwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der großen Baumartenvielfalt in spezifischer Form gegeben (Abb. 7.9). Das Begründen von Fichtenreinbeständen innerhalb der *Waldgruppe BU* ist aufgrund des Klimawandels als höchst riskant einzustufen, weshalb davon abgeraten wird. Als Alternative dazu bieten sich eine Vielzahl von klimafitten Mischungstypen an, was mit der Baumartenvielfalt in dieser Waldvegetationszone in direktem Zusammenhang steht. In Mischung mit anderen Baumarten ist die waldbauliche Verwendung von Fichte in der *Waldgruppe BU* weiterhin möglich. Dazu ist in allen Fällen die Ausgangslage zu beachten, also die Frage, ob es sich aktuell um Buchen-dominierte Mischwaldbestände, Fichten-Tannen-Buchen-Waldbestände oder um Fichten-Lärchen- oder Fichten-Bestände handelt. In diesem Kapitel wird diesen unterschiedlichen Ausgangslagen Rechnung getragen und alle empfohlenen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

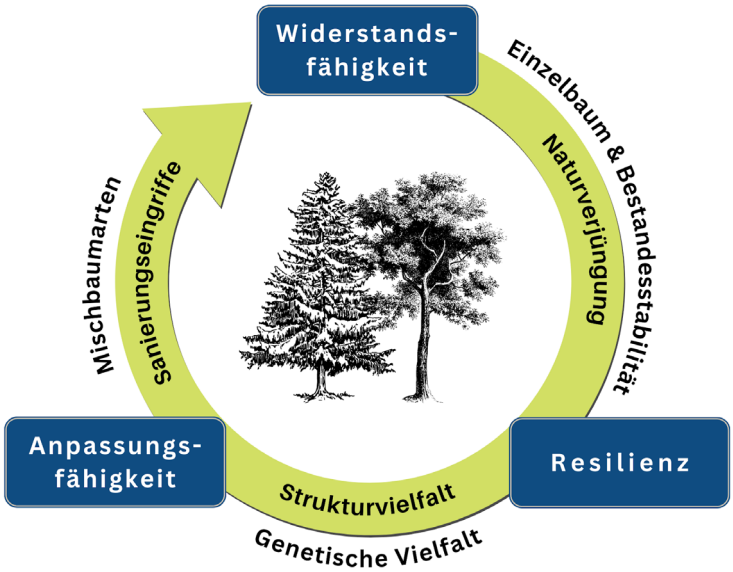


Abbildung 7.9: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

7.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Dabei ist die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppe BU* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Vacik und Hochbichler 2018), um deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz zu verbessern.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe BU* von zentraler Bedeutung für die Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die große Vielfalt an Baumarten, welche in der *Waldgruppe BU* gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Eine Reduktion des Risikos flächiger Trockenschäden kann durch Einbringung trockenresistenter Mischbaumarten (Eichenarten, Schwarz-Kiefer, Mehlbeere, Elsbeere, etc.) erzielt werden. Der große Konkurrenzdruck der Buche auf Mischbaumarten erfordert das gruppenweise Einbringen von Konkurrenz-schwächeren Lichtbaumarten (z.B. die Eichenarten) bzw. eine gezielte Mischungsregulierung im Jungwuchsstadium und Förderung bis ins Baumholzstadium.

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Verbesserung der Einzelbaum- und Gruppenstabilität

Für **Buchen-Tannen-Bestände** und **Fichten-Tannen-Buchen-Bestände** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen (H/D < 0,8) empfohlen. Buche reagiert noch im Baumholzstadium stark auf eine Freistellung durch den Ausbau der Krone. Vorherrschende Buchen im Baum-/Altholzstadium auf tiefgründigen Böden sind kaum durch Kalamitäten gefährdet. Daher ist die gezielte Auslesedurchforstung zur Förderung stabiler Wertholzträger von Buche förderlich zur Stärkung der Stabilität der Waldbestände. Die Tanne erschließt vor allem tiefgründige Böden der Waldgruppe hervorragend und kann dort beachtliche Dimensionen erzielen. Die Förderung der Bestandesstabilität

erfolgt insbesondere durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzel-System, wodurch Tanne als Stabilitätsträger die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen und Nassschnee zu erhöhen vermag. Daher ist die Präsenz von kräftigen Tannen mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität von Waldbeständen. Fichte in Mischung mit Buche und/oder Tanne vermag die Standorte der Waldgruppe besser zu erschließen, weil Nährstoffe aus tieferen Bodenschichten in die Biomasse-Humus-Zirkulation (Recycling) eintreten. Förderung von stabilen und vitalen Individuen aller vorhandenen Baumarten stärkt wiederum das Bestandesgefüge.

In den weit verbreiteten **Fichten-Lärchen-Beständen** der Steiermark ist auf eine hohe Einzelbaum-Stabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann und in trupp- bis gruppenweiser Mischung aufwächst.

In älteren einschichtigen **Fichtenreinbeständen** mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D-Werte > 0,8) wird empfohlen, instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen. In jüngeren Fichtenreinbeständen kann durch eine mäßige und wiederholte Auslesedurchforstung die Einzelbaumstabilität erhöht werden. Kurz- bis mittelfristig ist in diesen Fällen die Überführung oder Umwandlung in klimafitte Mischungstypen empfohlen.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Borkenkäfer-Vermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** in der *Waldgruppe BU* besonders stark betroffen. In dieser Waldvegetationszone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten eines etwaigen Borkenkäferbefalls zu legen. Grund dafür sind die regional weit verbreiteten Fichten-Waldbestände in Kombination mit den relativ milden Jahresmittel-Temperaturen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Mischwaldbestände sind in der mäßig milden Mischwaldzone die beste Strategie, um der Borkenkäfer-Gefährdung zu begegnen. Dazu werden für die verschiedenen Ausgangslagen in der Waldgruppe geeignete klimafitte Mischungstypen definiert.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen und verbreitet Spätfrost-Schäden auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*), insbesondere entlang der Mur-Mürzfurche, dokumentiert. Rechtzeitiges Entfernen der von Bockkäfer befallenen Lärchen kann den Populationsdruck verringern. Pilzerkrankungen und Spätfrostschäden an Lärche können durch waldbauliche Maßnahmen allerdings nicht vermieden werden.

Die **Buche** kann vor Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer durch das Vermeiden von plötzlichen Freistellungen und der daraus verminderten Anfälligkeit der Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden, bewahrt werden. Darüber hinaus wird dadurch auch die Entwicklung von „Buchen-Sonnenbrand“ vermieden.

Dem Triebsterben bei **Esche** wird bereits durch die Forschungsarbeiten zum Vermehrungsgut strategisch begegnet. Es wird beabsichtigt, resistente Individuen von Esche ausfindig zu machen und zu vermehren, um diese Edellaubbaumart für forstliche Zwecke weiterhin verwenden zu können.

Zukünftig sollen mehr als dreihundert resistente Klone bereitstehen, die den Grundstock für eine weitere Vermehrung der Esche bieten sollen.

Für **Tanne** sind Gefahren bezüglich eines Schädlingsbefalls mit der Tannentrieblaus durch das Vermeiden einer plötzlichen Freistellung von Tannen-Jungwuchs/Dickungen vermeidbar. Die Schattbaumart Tanne ist am besten unter Schirm zu verjüngen.

Genetische Vielfalt erhalten

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Kunstverjüngungs-Maßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar.

Die **Buche** ist in dieser Waldvegetationszone konkurrenzstark und etabliert sich, so sie in der Baumschicht vorhanden ist, in der Naturverjüngung zahlreich und vital. Besonders basenreiche Substrate fördern die Buchen-Naturverjüngung, wodurch karbonatische Standorte oftmals von Buche dominiert werden. Aber auch saure Substrate (basenunterversorgte Standorte wie BU3u, BU45u) können von Buche erfolgreich besiedelt werden. Grundbedingung für eine erfolgreiche Buchen-Verjüngung sind waldökologisch tragfähige Wildstände. Auf sehr sauren Substraten (Basenklasse „e“ – extrem basenarm) kann sich Buche jedoch nicht etablieren, daher werden jene Standorte in der *mäßig milden Mischwaldzone* von der *Waldgruppe FTK* (Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte) besiedelt.

Tanne ist auf allen Standorten der *Waldgruppe BU* konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn sie im Altbestand vorhanden ist und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Die Ausbreitung von Tannensamen durch Vögel kann bei Vorhandensein von Samenbäumen einen relativ großen Raum durch Naturverjüngung abdecken.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe BU* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich, besonders auf schattseitigen Standorten der Waldgruppe, immer wieder qualitativ und quantitativ stark. Beimischung von Lärche mittels Kunstverjüngung wird in der *Waldgruppe BU* dennoch eine stärkere Rolle spielen als in anderen, höher gelegenen Waldvegetationszonen, wo Lärche in der Naturverjüngung in Relation zu den Tieflagen steigende Anteile aufweist.

Die **Fichte** wird auf den Standorten der *Waldgruppe BU* in der Steiermark aktuell – wegen der häufig angewendeten Kahlschlagnutzung - vor allem mittels Kunstverjüngung vermehrt. Auf den kühleren Standorten der *Waldgruppe BU*, wie im oberen Murtal, im Salzatal oder im Ennstal, kann sich Fichte auch im Zuge der Naturverjüngung etablieren. Auf den wärmeren Standorten der *Waldgruppe BU*, wie etwa auf den Einhängen in das Steirische Hügelland, wird Fichte bei Präsenz der Buche vermehrt mittels Kunstverjüngung etabliert werden. Darüber hinaus verliert sie in diesen wärmeren Regionen der *Waldgruppe BU* in der Klimazukunft bezüglich Baumarteneignung immer mehr an Bedeutung.

Die vielfältigen Mischbaumarten der *Waldgruppe BU* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens in der Regel mittels Naturverjüngung etablieren. Berg-Ahorn und Spitz-Ahorn vor allem auf Unterhängen oder auf Standorten mit basenreichen Böden, Stiel-Eiche und Trauben-Eiche vor

allem auf südexponierten Taleinhängen, Vogel-Kirsche auf basenreichen und frischen Standorten, Mehlbeere vor allem auf mäßig frischen Karbonat-Standorten, Berg-Ulme auf Unterhängen und relativ basenreichen Standorten, Edelkastanie bei Vorhandensein im Altbestand auf tiefgründigen Standorten, Birke auf sonnigen Kahlflächen, Rot-Kiefer auf mäßig frischen Rücken oder Kuppen, Eberesche auf allen Standorten und Eibe auf allen Standorten, aber gehäuft auf dolomitischem Untergrund. Schwarz-Kiefer und Elsbeere müssen in den meisten Fällen künstlich eingebracht werden.

7.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe BU* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen sehr stark gegeben. Besonders die reinen Fichten-Bestände werden in der Klimazukunft unter den veränderten Rahmenbedingungen einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein. Weite Bereiche der heutigen *Waldgruppe BU* werden sich aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges in Richtung der *Waldgruppe EB* – Eichen-Buchenwald-Standorte (milde Laubwaldzone) verändern. Das bedingt, dass die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) in der Klimazukunft auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe BU* eine erhöhte Tauglichkeit aufweisen werden. Dennoch werden sich die Eichenarten nur durch spezifische waldbauliche Konzepte etablieren lassen, welche die hohe Konkurrenzkraft der Buche – die auf den meisten Standorten der *Waldgruppen BU* und *EB* auch für die Klimazukunft eine hohe Eignung aufweist – berücksichtigten.

Um die optimale Anpassungsfähigkeit der Waldökosysteme im Klimawandel sicherzustellen, ist in dieser Waldvegetationszone vor allem auf die Erzielung von stabilen und möglichst gemischten Waldbeständen zu achten. Auf den ausgewiesenen Standorten der heutigen *Waldgruppe BU* kann aktuell mit dem Etablieren von passenden klimafitten Mischungstypen begonnen werden, welche verstärkt Eichenarten berücksichtigen. Auf die Überführung von Fichtenreinbeständen ist dabei besonderes Augenmerk zu legen. Im folgenden Kapitel werden unter der Rubrik „Klimafitte Mischungstypen“ waldbauliche Strategien für die *Waldgruppe BU* beschrieben, wobei die unterschiedlichen Rahmenbedingungen bezüglich Ausgangslage herausgearbeitet werden.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppe BU* muss dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumarten-Kombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Mischwaldbestände), während in den reinen Nadelbaumbeständen, vor allem in den tiefergelegenen Bereichen der Waldvegetationszone, die Beimischung von Laubbaumarten oder von Tanne notwendig werden wird. Die Beimischung von Laubbaumarten verbessert die Bestandesstabilität und Resilienz insgesamt (Valinger and Fridman 2011; Jactel et al. 2017), außerdem kann es besonders auf ärmeren Standorten zu einer verbesserten Bestandesleistung insgesamt kommen (Pretzsch et al. 2010). Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben. Einen zusammenfassenden Überblick gibt Tab. 7.3.

Fi - Ta - Bu (für kühlere Talschaften der Steiermark, ab Wasserhaushaltsstufe 4 also frische und sehr frische Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU* und nicht auf Karbonatstandorten)

In den höhergelegenen Bereichen der *Waldgruppe BU*, und zwar vor allem in den kühleren Talschaften Oberes Murtal, Oberes Mürztal, Salzatal, Palten/Liesingtal und Ennstal, erlaubt die Mischung von Fichte, Tanne und Buche eine verbesserte Anpassungsfähigkeit im Klimawandel, als reine Fichtenbestände. Tanne bringt Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und erschließt die Nährstoffvorräte in tiefliegenden Bodenschichten. Buche und Tanne sind schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken, was die Fähigkeit zur raschen Bestockung nach Schadereignissen verbessert. Gerade auf ärmeren Standorten (BU45u) profitiert die Fichte von der Mischung mit anderen Baumarten und kann ihr Potential besser entwickeln als im Reinbestand. Auf besonders reichen Standorten (BU4r, BU5r, BU45m) erzielt auch die Buche durch Beimischung der Fichte eine bessere Wuchsleistung (Pretzsch et al, 2010).

Lä - Ta - Bu (kühlere Talschaften der Steiermark, alle Waldstandortseinheiten)

In den kühleren Talschaften der Steiermark erhöht die Mischung von Lärche, Tanne und Buche die Anpassungsfähigkeit im Klimawandel. Eine erwünschte Strukturvielfalt der Waldbestände ist mit der Mischung von Tanne (Schattbaumart), Buche (Halbschattbaumart) und Lärche (Lichtbaumart) effizient zu erzielen, weil die verschiedenen Lichtansprüche der drei Baumarten bei Umsetzung von Gruppenmischungen die Gestaltung von vielfältigen Bestandesstrukturen ermöglichen. Lärche und Tanne bieten darüber hinaus mit ihren tiefreichenden Wurzelsystemen Stabilität gegenüber Sturm und erlauben eine Nadelwertholz Produktion. Die Streu der Buche erhöht die Anpassungsfähigkeit der Waldbestände durch eine verbesserte Humusbildung.

Lä - Bu - Ta - Fi (kühlere Talschaften der Steiermark, nicht auf Karbonatstandorten und erst ab Wasserhaushaltsstufe 4 also auf frischen und sehr frischen Waldstandortseinheiten)

Die Mischung von Lärche, Buche, Tanne und Fichte in den kühleren Talschaften der Steiermark erlaubt die Kombination der Vorteile der zuvor beschriebenen Mischungstypen. Die Strukturvielfalt der Waldbestände und die Stabilität gegenüber Sturm kann noch weiter verbessert werden. Fichte erzielt in der Mischung mit den drei Baumarten verbesserte Wuchsleistungen, aufgrund der besseren Humusverhältnisse und der verstärkten Nährstoffbildung auch aus tieferliegenden Bodenhorizonten, allerdings nicht auf mäßig trockenen Karbonatstandorten (Borkenkäfer-Risiko).

StEi - Ta - VoKi (Südexponierte Taleinhänge, besonders auf BU3g, BU45g, BU3r, BU4r, BU5r, BU3m, BU45m)

Auf südexponierten Taleinhängen (Süd, Süd-West und Süd-Ost) im Murtal, Ennstal und weiteren Seitentälern der Steiermark ist bereits heute eine Mischung aus Stiel-Eiche, Tanne und Vogel-Kirsche die passende Antwort auf die hohe Wärmeeinstrahlung auf diesen Standorten. Einer möglichen Gefahr der Austrocknung kann am besten mit der Etablierung von Stiel-Eiche begegnet werden. Aktuell findet man auf diesen Standortskomplexen auch immer wieder Stiel-Eiche vor (als adulte wüchsige Individuen oder in der Verjüngung), was ein zusätzlicher Hinweis auf die Tauglichkeit dieser Mischung ist. Mit Tanne bietet sich die Möglichkeit, eine Nadelbaumart mit relativ geringem Ausfallsrisiko zu ergänzen. Vogel-Kirsche kann sehr gut in der Mittelschicht zur Umfütterung der Eiche dienen und ist ebenfalls eine Wertholz-Baumart, die aber als Totast-Erhalterin geastet werden muss.

Bu - Ta (wärmebegünstigte Lagen von BU, alle Waldstandortseinheiten)

Tanne hat eine hohe Resilienz gegenüber Trockenheit, wenige Schädlinge und zeigt eine gute Stabilität gegen Sturm und Nassschnee aufgrund ihrer Pfahlwurzel. Buche und Tanne sind schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinen Bestandeslücken. Die Wüchsigkeit der Tanne auf den Standorten der *Waldgruppe BU* ermöglicht die Erzielung von Nadelwertholz.

StEi - Hbu (wärmebegünstigte Lagen von BU, nicht auf BU3c, BU45c, BU3u, BU45u)

Stiel-Eiche in der Oberschicht und Hainbuche in der Mittelschicht stellen eine klassische Form der Eichen-Wertholzzucht dar. Die Mischung wird vor allem in den wärmeren Regionen der *Waldgruppe BU* (z.B. Einhänge in das Ost- und Weststeirische Hügelland, mittleres Murtal südlich von Bruck an der Mur) in der Zukunft eine taugliche Alternative zu den aktuell dominierenden Beständen sein. Dabei ist zu beachten, dass Stiel-Eiche nur durch gezielte waldbauliche Maßnahmen gegen den Konkurrenzdruck der Buche zu etablieren sein wird.

TrEi - Elsb (relativ wärmere Zonen von BU, besonders auf BU3g, BU45g)

Trauben-Eiche und Elsbeere können Wertholz liefern. Elsbeere ist wärmeliebend und genügsam, auch auf flachgründigen Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität. Die Trauben-Eiche kann die Oberschicht bilden, die Elsbeere die Mittelschicht. Der Mischungstyp erlaubt den Aufbau von mehrschichtigen und stufigen Beständen und kann sogar auf mäßig frischen und karbonatischen Standorten eine probate Alternative darstellen.

Eka - Hbu (relativ wärmere Zonen von BU, besonders auf BU3r, BU4r, BU5r, Bu3m, BU45m)

Edelkastanie ist von der Pflege her eine anspruchsvolle Baumart, da sie viel Licht und regelmäßige Freistellung braucht, um alt genug für die Wertholzproduktion zu werden. Sie sollte vor allem auf gut nährstoff- und wasserversorgten Standorten mit tiefgründigen Böden angebaut werden. Auf etwas besser wasserversorgten Standorten kann sie bei regelmäßiger Pflege als geeignete Baumart für die Wertholzproduktion in einer wärmeren Klimazukunft erachtet werden. Sie hat eine ausgeprägte Ausschlagfähigkeit und könnte nach dem Wertholzabtrieb auch im Zuge einer Niederwaldbewirtschaftung weitergenutzt werden (Conedera et al. 2021). Hainbuche ist anspruchslos an den Nährstoffhaushalt und verträgt mehr Schatten. Es ist eine Sturm- und mäßig trockenresistente Mischung mit ausschlagfreudigen Baumarten. Ein zu beachtendes Risiko für die Edelkastanie ist sowohl der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica* oder synonym *Endothia parasitica*), als auch die Ringschäle, die insbesondere bei Bäumen über 35-40 cm Durchmesser auftritt.

BAh - Es - Ta (auf Unterhangstandorten)

Auf Unterhangstandorten mit auffälliger Präsenz der Hasel ist die Mischung von Berg-Ahorn, Esche und Tanne eine gute Alternative. Die standörtlichen Rahmenbedingungen schaffen Wuchsbedingungen, welche Ahornarten (Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn) und die Esche begünstigen und darüber hinaus für weitere Baumarten wachstumsfördernd wirken. Berg-Ahorn kann beachtliche Dimensionen erzielen und Wertholz liefern, Tanne gedeiht auf den Standorten sehr wüchsig. Esche kann im Falle von resistenten Individuen (gegen das Eschen-Triebsterben) ebenfalls Wertholz-taugliche Sortimente erzielen. Darüber hinaus können die Baumarten aufgrund ihres Wurzelsystems den Bodenkörper gut stabilisieren und können somit auch lokal die Schutzwirkung erhöhen.

Waldökologisch tragfähige Wildstände vorausgesetzt, können sich alle drei Baumarten mittels Naturverjüngung etablieren. In wärmebegünstigten Lagen ist auch Spitz-Ahorn verwendbar.

Bu - Dou (nicht auf BU3c und BU45c)

Douglasie bietet hohe Wuchsleistungen und eine relativ hohe Trockenresistenz, weshalb sie auf trockeneren Standorten eine Alternative sein kann (Moser et al. 2021). Eine horstweise Mischung bietet Vorteile hinsichtlich Stabilität und Pflegeintensität. Auch Douglasie in der Oberschicht und Buche in der Mittelschicht stellt eine probate Alternative dar. Douglasie wächst deutlich besser in Mischbeständen mit Buche, während die Buche in ihrem Wachstum verglichen mit Reinbeständen unverändert bleibt (Thurm et al. 2016). Allerdings wird auf Standorten mit Buchendominanz die Douglasie nicht ohne intensive Pflegemaßnahmen aufkommen, da sie nur mäßig schattentolerant ist. Buche erhält durch die gut abbaubare Streu die Standortsgüte, verringert das Ausfallsrisiko in Relation zu Douglasienreinbeständen und lässt sich leicht verjüngen. Bei auftretenden Trockenstress kann sich die Douglasie im Mischbestand mit Buche viel rascher erholen als im Reinbestand, die Erholungszeit der Buche wird allerdings verlängert (Thurm et al. 2016).

Die Douglasie ist auf Karbonatstandorten (Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen von BU3c, BU45c) nicht zu empfehlen, weil sie dort im Stangenholz-Stadium Probleme bekommen könnte. Douglasien sind sensibel gegenüber Früh- und Spätfrösten, sowie Frosttrocknis. Auch die Douglasienschütte kann zur Gefährdung werden, daher wird Douglasienanbau explizit nicht für Unterhangstandorte (bzw. Standorte mit häufig hoher Luftfeuchte und Nebel) empfohlen. Durch regelmäßige, kräftige Durchforstungen kann das Infektionsrisiko verringert werden (Schüler und Chakraborty 2021).

StEi - WiLi (relativ wärmere Zonen von BU, besonders auf BU3g, BU45g, BU3r, BU4r, BU5r, BU3m, BU45m)

Die Eichen-Wertholzerzeugung mit Linde im Nebenbestand erlaubt eine wertvolle Ergänzung des Baumartenspektrums. Die Stiel-Eiche kann die Oberschicht bilden, und die Winter-Linde als schattentolerante Baumart in der Mittelschicht die Bildung von Wasserreisern verhindern. Die Winter-Linde als wärmeliebende Baumart kann dabei als Gewinnerin im Klimawandel betrachtet werden. Stiel-Eiche und Linde ergänzen sich auch bezüglich Schattentoleranz und Holzeigenschaften.

Bu - Lä - Mb (für Karbonatstandorte wie BU3c, BU45c, BU3g, BU45g)

Auf steilen, skelettreichen Karbonat-Standorten erlaubt eine Buchen-Lärchen-Mehlbeeren-Bestockung den Standortschutz. Die Mehlbeere kann solche Standorte stabil bestocken. Die Streu fördert die Bodenentwicklung. Buche und Mehlbeere vertragen Boden- und Schneebewegung. Die Lärche kann die skelettreichen Standorte wesentlich besser erschließen als Fichte und vermag einerseits das Baumholzstadium zu erreichen und auch relativ gute Wuchsleistungen zu erzielen.

Tabelle 7.3: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe BU* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedlicher zukünftige Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	**künftige Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
alle BU Standorte (aktuell)	BU, EB	Bu - Lä - RKi
	BU, EB, EH	Bu - Ta
		Bu - Dou
Kalte Talschaften der Steiermark, für Fi ab WHH 4 und nicht auf Karbonat-Standorten	BU, EB	Fi - Ta - Bu
		Lä - Ta - Bu
		Lä - Bu - Ta - Fi
Unterhangstandorte	BU, EB, EH	BAh - Es - Ta
Südexponierte Taleinhänge	BU, EB, EH	StEi - Ta - VoKi
Wärmebegünstigte Lagen	EB, EH	StEi - Hbu
		TrEi - Els
		Eka - Hbu
		StEi - WiLi

* sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

Achtung: Bitte überprüfen Sie in der digitalen Standortskarte die Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU*. Es ist zu beachten, welche zukünftigen Waldstandortseinheiten für die Waldgruppe simuliert worden sind, unterschieden in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085. Aufgrund dessen können sie den für sie am besten passenden klimafitten Mischungstyp auswählen (Tab. 7.3). Wesentlich ist dabei, zu beachten, dass die Baumarten aller definierten klimafitten Mischungstypen bereits heute und auch in der Klimazukunft Standortstauglichkeit aufweisen. Das ist die Grundlage für die waldbauliche Umsetzung der Empfehlungen in der Gegenwart.

7.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Aus der kombinierten Betrachtung der aktuellen Baumartenanteile und der zukünftigen Baumarteneignung kann die Dringlichkeit für die Überführung in einen klimafitten Mischungstyp einfach abgeschätzt werden. Zum Beispiel ergibt die Summe aus den Produkten der aktuellen Baumartenanteile (z.B. aus dem Operat oder in einem spezifischen Waldbestand) mit den Eignungswerten der jeweiligen Baumarten für 2085 einen näherungsweisen Wert für die Bestandeseignung (siehe Tab. 7.4, Spalte „Bestandeseignung“ der Tabelle). Dieser errechnete Wert der Bestandeseignung kann noch um die Beurteilung der vorhandenen Strukturparameter ergänzt werden (Bestandesschichtung, Einzelbaumstabilität, Kronenlänge, siehe Abb. 7.10).

Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände in der *Waldgruppe BU* in der Klimazukunft eine geringe Baumarteneignung. Abhängig vom Wuchsgebiet und der Seehöhe sollen diese Bestände daher in passende klimafitte Mischungstypen überführt oder umgewandelt werden.

Sehr hohe Dringlichkeit: Eine Bestockung mit Baumarten geringer Eignung kann in der *Waldgruppe BU* mit regelmäßigen Eingriffen im Turnus von 5-10 Jahren schrittweise in einen klimafitten Bestand überführt werden: Die Eingriffe können umso kräftiger ausfallen, je höher die Einzelbaumstabilität ist (H/D < 0,8 und Kronenlänge > 50%). Die Förderung von 150-200 Z-Bäumen pro ha wird empfohlen. Ist die Einzelbaumstabilität im Mittel geringer, sollten nur 50-100 Z-Bäume gefördert werden. Alle Eingriffe haben zum Ziel, die Struktur und damit die Bestandesstabilität zu erhöhen, sowie Baumarten mit hoher Eignung am Standort zu fördern. In einschichtigen, labilen Nadelholzbeständen werden instabile Gruppen entnommen. In diesen Lücken muss frühzeitig mit geeigneten Baumarten der zukünftigen Mischungstypen künstlich verjüngt werden.

Hohe Dringlichkeit: Sukzessive Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten, um im Gegenzug standortsgerechte Baumarten mit höheren Stabilitätswerten zu fördern. Dabei sollte eine zu schnelle Freistellung von zu fördernden Buchen vermieden und pro Eingriff 1-2 Bedränger entnommen werden (Auslesedurchforstung). Auf geeigneten Standorten sind Edellaubbäume im Stangenholz- bzw. jungen Baumholzstadium stärker zu fördern, um noch eine adäquate Kronenentwicklung zu ermöglichen. In überdichten Fichtenbeständen erfolgt eine Stammzahlreduktion mit dem Ziel, stabile Einzelbäume und Gruppen zu fördern und mittelfristig den H/D-Wert der Bäume zu verbessern.

Geringe Dringlichkeit: Reduktion/Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten sowie Förderung der Bestandesstabilität im Turnus von < 10 Jahren.

Tabelle 7.4: Beispielhafte Herleitung der Dringlichkeit zur Überführung von Waldbeständen in *Waldgruppe BU*.

Aktueller Mischungstyp	Anteil am aktuellen Bestand	Baumarteneignung 2085 laut Wald-typenbeschreibung	Bestandes-eignung	Dringlichkeit für Überführung 1 = sehr hoch = 0-3,9 2 = hoch = 4-7,9 3 = gering = 8-10	Empfohlener Zeitrahmen 1 = 20-40 Jahre 2 = 40-60 Jahre
Fichte	60%	3	60% * 3	4,5 → 2	1 oder 2, abhängig von Struktur und Einzelbaumstabilität
Tanne	5%	5	+ 5% * 5		
Buche	35%	7	+ 35% * 7		
			= 4,5		

Zur Herleitung der Dringlichkeit für die Überführung eines bestehenden Waldbestands in *Waldgruppe BU* dient die Abb. 7.10 zur Verdeutlichung. Laub-Nadelwald Mischbestände aus z.B. Buche und Tanne weisen zumeist eine höhere durchschnittliche Baumarteneignung auf. Wenn die Waldbestände eine hohe Vertikalstruktur, Textur und ausgebildete Jungwuchsstadien aufweisen, dann können die Bestände gemäß der waldbaulichen Zielsetzung weiter entwickelt werden, eine Überführung ist nicht dringlich. Strukturierte Nadelwaldbestände aus z.B. Fichte und Lärche mit einer geringeren durchschnittlichen Baumarteneignung, welche aber eine gewisse Strukturvielfalt und Jungwuchsstadien aufweisen, sollten in einem Zeitraum von 40-60 Jahren in einen klimafitten Waldbestand überführt werden. Reine Nadelwaldbestände aus Fichte und Lärche ohne vertikale

Struktur aber mit stabilen Einzelbäumen sollten innerhalb von 20-40 Jahren überführt werden. Hingegen sollten einschichtige Fichten-Lärchen-Bestände mit instabilen und kurzkronigen Baumindividuen schon in weniger als 20 Jahren überführt werden, um einen klimafitten Waldbestand zu erreichen – in solchen Beständen ist die Dringlichkeit am höchsten (Abb. 7.10).

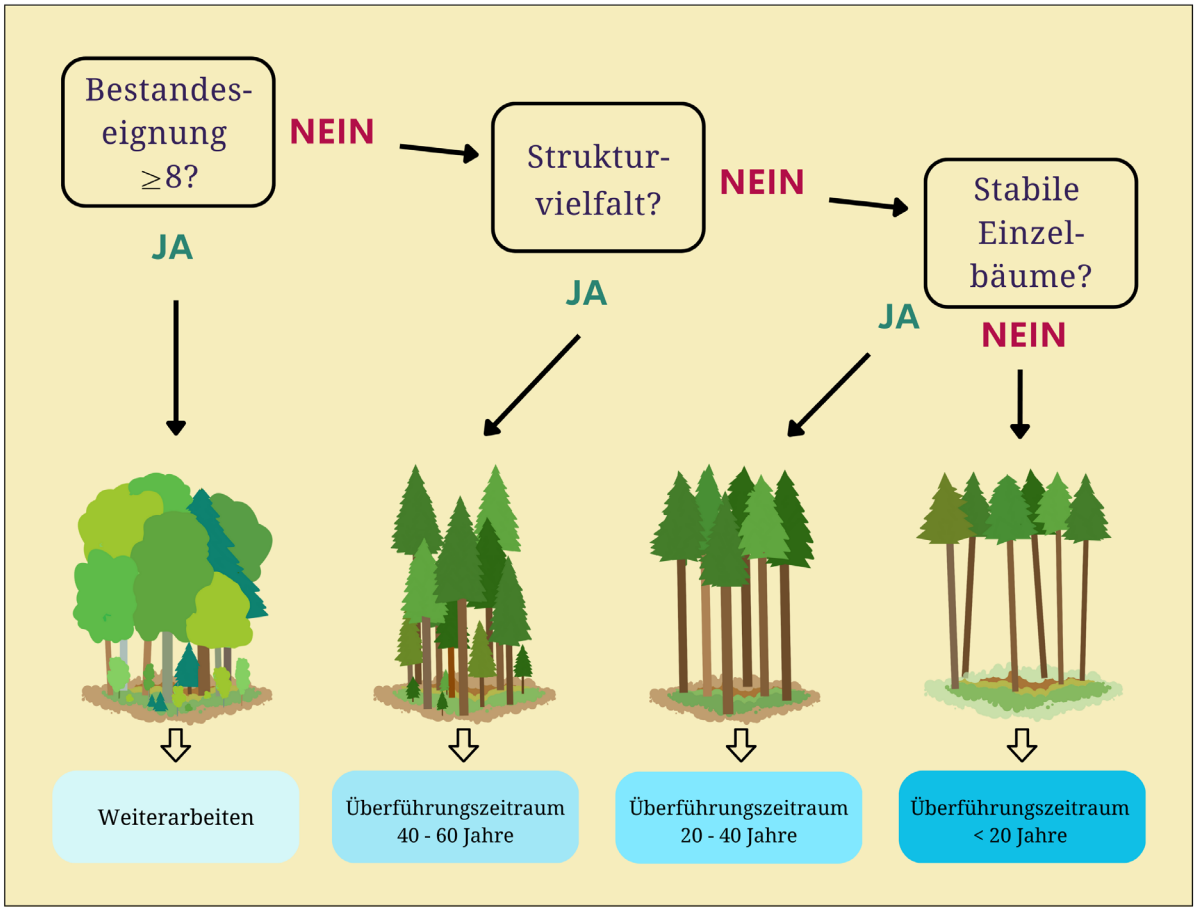


Abbildung 7.10: Schematische Darstellung für die Herleitung der Dringlichkeit zur Überführung von Waldbeständen in der *Waldgruppe BU*.

7.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe BU* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe EB* vorherrschen, also auf den betreffenden Standorten es zu einer Veränderung von der mäßig milden Mischwaldzone in die milde Laubwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand ausgeführt, darüber hinaus wurden für alle diese Optionen die Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert. Dabei wurden jeweils zwei Waldbaukonzepte für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben.

In Tab. 7.5 wurde als Ausgangslage jeweils ein einschichtiger Fichtenreinbestand (100 % Fichte) im Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholzstadium unterstellt. Beispielhaft könnte die Örtlichkeit der Waldbestände sich in den kühlen Talschaften der Steirischen Gebirgsregionen (oberes Murtal, Ennstal, Salzatal, oberes Mürztal) befinden. Das dargestellte Konzept lässt sich auf allen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe BU* in diesen erwähnten Regionen anwenden, wo die Wasserhaushaltsstufe größer als 4 ist – also „frisch“ und „sehr frisch“. Sie ist nicht für Karbonatstandorte geeignet, da auf jenen die künftige Baumarteneignung von Fichte gering ist.

In Tab. 7.6 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in einschichtigen Buchen-Tannen-Waldbeständen der *Waldgruppe BU* in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse präsentiert. Die Ausgangslage ist 90 % Buche, 10 % Tanne im gleichaltrigen Waldbestand. Die Örtlichkeit der Waldbestände könnte sich beispielhaft in den wärmebegünstigten Lagen des mittleren Murtals südlich von Bruck an der Mur oder auf Einhängen in das Weststeirische Hügelland befinden. Die Etablierung der Stiel-Eiche in beiden Optionen erfolgt mittels Saat, um die Entwicklung der artspezifischen Pfahlwurzel zu ermöglichen. Jene Pfahlwurzel-Entwicklung ist für die Eichenarten im Klimawandel von herausragender Bedeutung, um etwaige Trockenperioden besser überdauern zu können.

In Tab. 7.7 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in einschichtigen Fichten-Lärchen-Waldbeständen der *Waldgruppe BU* in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse dargestellt. Die Ausgangslage ist: 60 % Fichte, 40 % Lärche im gleichaltrigen Waldbestand. Die Örtlichkeit der Waldbestände könnte sich beispielhaft in den kühleren Zonen der *Waldgruppe BU* (oberes Mur-, Mürz, Palten-, Liesing-, Salza- und Ennstal) befinden. Die Option bezieht sich wiederum auf Waldstandortseinheiten, wo die Wasserhaushaltsstufe 4 „frisch“ oder 5 „sehr frisch“ gegeben ist. Sie ist nicht für Karbonatstandorte tauglich, da auf jenen die künftige Baumarteneignung von Fichte gering ist.

In Tab. 7.8 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in Buchen-Waldbeständen der *Waldgruppe BU* spezifisch für warme Regionen (z.B. die Abhänge in das West- und Oststeirische Hügelland) in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse, ausgeführt. Die Ausgangslage ist: 100 % Buche im gleichaltrigen, einschichtigen Waldbestand.

Tabelle 7.5: Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Fichtenreinbeständen in den klimafitten Mischungstyp Fichte-Tanne-Buche.

BU – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **Fi-Ta-Bu**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Fi-Ta-Bu**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten-Individuen werden in Reinbeständen belassen, Tanne und Buche werden auf Lochhiebs-Flächen gepflanzt. **Ziel**: Fichte 40 %, Tanne 30 %, Buche 30 %; U = 80-120 Jahre	Keine Eingriffe in bestehende Fichten-Bestände, Etablierung von Fichte, Tanne und Buche auf den Saumschlag-Flächen mittels Pflanzung. **Ziel**: Fichte 50 %, Tanne 30 %, Buche 20 %; U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von Ta und Bu in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi, Förderung vitaler Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta und Bu.	Pflanzung von Ta, Bu und Fi entsprechend des Bestockungszieles auf den Saumschlagflächen unter Einhaltung der Schlagruhe. Am Innensaum von unbehandelten Beständen eventuell Voranbau von schattentoleranten Baumarten (Ta), Mischungsregulierung gemäß des Bestockungsziels.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta und Bu entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von weniger vitalen Jung-Fi in vorhandenen Lücken.	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta und Bu entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von weniger vitalen Jung-Fi in vorhandenen Lücken.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi).	Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi).
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: In hiebsreifen Baumhölzern wird Fi mittels Lochhieben genutzt, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt Integration von Fi-Naturverjüngung und die Pflanzung von Ta und Bu gemäß des Bestockungsziels.	Nutzung von hiebsreifem Fichten-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von Ta und Bu am Innensaum und Fi am Aussensaum, Voranbau von Ta unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen; bei großen gleichaltrigen Beständen eventuell Gliederungshiebe anlegen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Fi, Ta und Bu überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta und Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 7.6: Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Buchen-Tannen-Beständen in die klimafitten Mischungstypen Stiel-Eiche- Buche- Tanne oder Stiel-Eiche- Hainbuche.

BU – Anpassungsoptionen für einschichtige Buchen-Tannen-Bestände	
Überführung in **StEi-Bu-Ta-**Bestände durch **Lochhiebe**	Umwandlung in **StEi-Hbu-**Bestände durch **Saumschläge**
Nachhaltige Sicherung des Buchen- und Tannen-Anteils und Beginn der Etablierung von Stiel-Eiche mittels größerflächiger Lochhiebe. **Ziel**: Stiel-Eiche 50 %, Buche 40 %, Tanne 10 %, U = 100-150 Jahre	Umwandlung der Waldbestände in Stiel-Eichen-Hainbuchen-Wälder mittels Saumschlagverfahren. **Ziel**: Stiel-Eiche 60 %, Hainbuche 40 %, U = 100-150 Jahre
Jungwuchs	
Saat von StEi im Bu-Ta-Jungwuchs: StEi wird auf den Jungwuchsflächen mittels Saat etabliert, und zwar nach gezielter Entnahme von Buche. StEi in großen Gruppen etablieren. Weiteres Freischneiden von StEi wird notwendig sein, um deren Entwicklung sicherzustellen. Achtung auf das Bestockungsziel.	Nutzung der Jungwuchsphase, Saat von StEi und Pflanzung von Hbu: Auf bestehenden Jungwuchsflächen Saat von StEi, nach 2-3 Jahren Pflanzung von Hbu mittels Einzelmischung in der dominanten StEi. Vorher Entfernung von Bu und Ta.
Dickung	
Mischungsregulierung und Saat: Regulierung von Dickungen (Naturverjüngung) im Hinblick auf das Bestockungsziel; Entnahme von Bu und Ta und Saat von StEi in Horsten, Protzenaushieb bei verbleibenden Buchen (Achtung auf Bestockungsziel).	Belassen von Bu-Ta-Dickungen, Protzenaushieb: Keine Steuerungseingriffe in bestehenden Bu-Ta-Dickungen, nur Entfernung von Bu-Protzen und wenig vitalen Individuen (Bu und Ta).
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Bu und Ta und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu und Ta).	Entfernung von kranken und instabilen Bu und Ta, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu und Ta).
Baumholz	
Lochhiebe (mit 2 Baumlängen Durchmesser) in hiebsreifen Bu-Ta-Baumhölzern anlegen: auf entstandenen Freiflächen erfolgt Integration von Bu-Ta-Naturverjüngung am Rand und Saat von StEi in Gruppen im Zentrum gemäß Bestockungsziel; Pflege von StEi (freischneiden) ist weiter notwendig.	Saumschläge in hiebsreifen Bu-Ta-Baumhölzern: 1-2 Baumlängen entgegen Hauptwindrichtung; Saat von StEi nach Schlagruhe, 2-3 Jahre später Pflanzung von Hbu in Einzelmischung innerhalb der dominanten StEi. Achtung auf das Bestockungsziel.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Bu-Ta-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit StEi, Bu und Ta überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta und Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. StEi muss auf größerflächigen Lochhieben mit 1-2 Baumlängen Durchmesser etabliert werden (Dauerwald-System für die Integration von Lichtbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 7.7: Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Fichten-Lärchen-Beständen in den klimafitten Mischungstyp Lärche-Buche-Tanne-Fichte oder Lärche-Buche-Tanne.

BU – Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Bestände	
Überführung in **Lä-Bu-Ta-Fi-**Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Lä-Bu-Ta**-Bestände durch **Saumschläge**
Erweiterung des Baumartenspektrums mit Buche und Tanne, Stabilisierung der Waldbestände, Lochhiebe: **Ziel**: Lärche 30 %, Buche 30 %, Tanne 20 %, Fichte 20 %, U = 80-120 Jahre	Fokus auf Lärche und Tanne als Nadelwertholz, Buche als Stabilitätsfaktor, Saumschlag: **Ziel**: 50 % Lärche, 30 % Buche, 20 % Tanne, U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Pflanzung von Bu, Ta auf Jungwuchsflächen: Vorhandene Naturverjüngung nutzen; auf den Flächen wo Bu und Ta gepflanzt werden, vor allem Fi (und auch Lä) entfernen. Achtung auf Bestockungsziel. Lä in Gruppen etablieren.	Pflanzung von Bu und Ta auf Jungwuchsflächen: Integration von bestehender Lä; Fi entfernen; Pflanzung von Bu und Ta auf entstehenden Freiflächen; Lä in Gruppen, Bu und Ta eventuell auch in Einzelmischung etablieren.
Dickung	
Mischungsregulierung, Nachbesserung: Regulierung der Baumartenverteilung im Dickungsstadium im Hinblick auf das Bestockungsziel, falls noch möglich; evtl. Nachbesserung mit Bu und Ta; Entfernung von Fi. Sonst Belassen der Dickung.	Belassen der Dickungsfläche, eventuell Entfernung von weniger vitalen Fi oder Lä.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä, und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä).	Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Lä, und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä).
Baumholz	
Lochhiebe für Fi und Lä in hiebsreifen Baumhölzern anlegen (1-2 Baumlängen Durchmesser): auf entstandenen Freiflächen Integration von Fi-Lä-Naturverjüngung und Pflanzung von Ta und Bu gemäß Bestockungsziel. Lä in Gruppen etablieren, im Zentrum der Lochhiebe Bu, Fi und Ta am Rand.	Nutzung von hiebsreifem Fi-Lä-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung. Pflanzung von Lä, Bu und Ta nach Schlagruhe; Lä in Gruppen-Mischung, Bu und Ta auch in Einzelmischung.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Lä-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Lä, Bu und Ta überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der schattentoleranten Ta und Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Lä muss in Gruppen mittels Lochhieben mit 1-2 Baumlängen Durchmesser etabliert werden (Dauerwald-System für die Integration von Licht- und Schattbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre**.	

Tabelle 7.8: Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Buchen-Beständen in die klimafitten Mischungstypen Stiel-Eiche- Buche oder Trauben-Eiche- Elsbeere.

BU – Anpassungsoptionen für einschichtige Buchen-Bestände	
Überführung in **StEi-Bu**-Bestände durch **Lochhiebe**	Umwandlung in **TrEi-Els**-Bestände durch **Saumschläge**
Einbringung von Stiel-Eiche, Bestandesstabilisierung; Lochhieb. **Ziel**: Stiel-Eiche 60 %, Buche 40 %; U = 100-120 Jahre	Umwandlung der Waldbestände in Trauben-Eichen-Elsbeeren Wälder; Saumschlagverfahren. **Ziel**: Trauben-Eiche 70 %, Elsbeere 30 %; U = 100-150 Jahre
Jungwuchs	
Saat von StEi im Bu-Jungwuchs: StEi wird auf den Jungwuchsflächen mittels Saat etabliert, und zwar durch gezielte Entnahme von Buche. Achtung auf das Bestockungsziel. StEi in großen Gruppen etablieren. Weiteres Freischneiden von StEi wird notwendig sein, um ihre Entwicklung sicherzustellen.	Nutzung der Jungwuchsphase, Saat von TrEi und Pflanzung von Els: Auf den bestehenden Jungwuchsflächen Saat von TrEi, nach 2-3 Jahren Pflanzung von Els mittels Einzelmischung in der dominanten TrEi. Vorher Entfernung von Bu.
Dickung	
Belassen von Bu-Dickungen, evtl. Protzenaushieb: Keine Steuerungseingriffe in bestehenden Bu-Dickungen, nur Entfernung von Bu-Protzen und von wenig vitalen Individuen (Bu).	Belassen von Bu-Dickungen, eventuell Protzenaushieb: Keine Steuerungseingriffe in bestehenden Bu-Dickungen, nur Entfernung von Bu-Protzen und von wenig vitalen Individuen (Bu).
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Bu, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu).	Entfernung von kranken oder instabilen Bu, sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu).
Baumholz	
Lochhiebe (2 Baumlängen Durchmesser) in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: auf den entstandenen Freiflächen erfolgt Integration von Bu-Naturverjüngung am Rand und Saat von StEi in Gruppen im Zentrum, gemäß des Bestockungsziels; Pflege von StEi (freischneiden) ist weiter notwendig.	Saumschläge in hiebsreifen Bu-Baumhölzern anlegen: 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung; Saat von TrEi nach Schlagruhe, 2-3 Jahre später Pflanzung von Els in Einzelmischung innerhalb der dominanten TrEi. Achtung auf das Bestockungsziel.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Bu-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit StEi und Bu überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der Halbschatten-toleranten Bu in der Naturverjüngung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. StEi muss auf größerflächigen Lochhieben mit 1-2 Baumlängen Durchmesser etabliert werden (Dauerwald-System für die Integration von Lichtbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Unterhang-Standorte – Baumarten und Waldbau-Technik

Die Integration der Ahorn-Arten (Berg-Ahorn oder Spitz-Ahorn) in die Bestockung ist sinnvoll, da jene auf den Unterhangstandorten stabilisierend wirken. Nadelbaumreinbestände sind zu vermeiden, jedoch ist eine Beimischung von Tanne und Fichte bis rund 30 % Gesamtanteil (der Nadelbaumarten insgesamt) möglich, die zu erwartenden Zuwächse sind für alle Baumarten speziell auf basenreichen Substraten sehr groß.

Kahlschläge können zu flächendeckendem Aufkommen der Hasel führen, welche in solchen Situationen die Verjüngung der anderen Baumarten vereitelt. Daher sind auf diesen Unterhangstandorten kleinflächige Verjüngungsverfahren empfohlen (kleinflächige Lochhiebe, Femelhiebe oder Saumhiebe), um die Verjüngungsentwicklung der erwünschten Baumarten zu ermöglichen und eine Dominanz der Hasel zu vermeiden (Kirchmeir et al. 2000).

7.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe BU* sind in der Steiermark regional Schutzwaldanteile gegeben. Speziell in den steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen und felsigen Taleinhängen ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe BU* ist wesentlich für deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Nadel- und Laubbaumarten gemeinsam vorhanden sind. Etwa gegenüber Sturm sind Mischbestände aus Laubbaumarten und Nadelbaumarten deutlich beständiger (Schmidt et al. 2005). Als besonders bedeutsame Baumarten für eine effiziente Schutzwirkung sind Lärche und Tanne, sowie Buche und die Ahorn-Arten hervorzuheben. Es ist zu beachten, die durch den Klimawandel bedingte mögliche Einwanderung der Eichenarten in die Waldbestände der heutigen *Waldgruppe BU* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil (Thomasius 1996; Frehner 2005). Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe BU* effizient umsetzbar, weil die Baumartenvielfalt sehr groß ist. Bereits 1831 hat Zötl erkannt, dass die „Ungleichheit an Alter und Größe“ Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist. Auf möglichst langkronige, abholzige Waldränder ist ebenfalls zu achten (Frehner 2005).

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der Baumarten Buche, Tanne, Fichte und Lärche von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind die Ahornarten (Berg-Ahorn und Spitz-Ahorn), Vogel-Kirsche, Eibe und alle weiteren vitalen und stabilen Baumarten der Waldgruppe BU. In der Klimazukunft können auch die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) zu Stabilitätsträgern heranreifen. Auf sonnseitig exponierten Taleinhängen in das Mur-, Mürz- und Ennstal (etc.) stocken in der *Waldgruppe BU* bereits heute Stiel-Eichen als Stabilitätsträger, einige dieser Standorte sind der Kategorie Schutzwald zugehörig.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppe BU* möglichst geschlossen und strukturreich zu halten. Bei Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind Bestandeslücken daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden würden. Tiefwurzelnde Baumarten (Tanne, Lärche, in der Klimazukunft auch Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden. Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration der Erosion entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während Fichte nach Verletzungen anfällig für Fäule ist, sind Lärche und Berg-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch weitere Laubbaumarten der *Waldgruppe BU* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Buche, Mehlbeere, Eichenarten). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe, liegende Stämme, etc. rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit es nur zum Bremsen der Steine kommt, und nicht dazu, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus abgelagerte Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es also besser darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern (Buche) und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

8. EB – Eichen-Buchenwald-Standorte

in der milden Laubwaldzone

Tabelle 8.1: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EB* – Eichen-Buchenwald-Standorte in der milden Laubwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
EB2c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	mäßig trocken	2.186 ha / 1,8 %
EB2g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	mäßig trocken	2.139 ha / 1,8 %
EB3c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	mäßig frisch	5.427 ha / 4,5 %
EB3g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	mäßig frisch	11.485 ha / 9,5 %
EB4c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	frisch	995 ha / 0,8 %
EB4g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	frisch	4.527 ha / 3,7 %
EB5cg	sehr basenreich	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	sehr frisch	612 ha / 0,5 %
EB2rm	basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken	1.266 ha / 1,1 %
EB3r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	mäßig frisch	9.905 ha / 8,2 %
EB3m	mäßig basenhaltig	intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch	9.018ha / 7,5 %
EB4r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	frisch	14.254 ha / 11,8 %
EB5r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	sehr frisch	2.874 ha / 2,4 %
EB45m	mäßig basenhaltig	intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	25.266 ha / 20,9 %
EB2u	basenunterversorgt	rückstandsarme intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken	450 ha / 0,4 %
EB3u	basenunterversorgt	rückstandsarme intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch	7.192 ha / 6,0 %
EB45u	basenunterversorgt	rückstandsarme intermediäre Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	23.338 ha / 19,3 %

Charakteristika

Verbreitung Die Waldgruppe der Eichen-Buchenwald-Standorte (EB) kommt auf 120.936 ha (11,1 % der Waldfläche) in der **milden Laubwaldzone** der Steiermark vor. Sie tritt auf Einhängen im Ost- und Weststeirischen Hügelland, auf talnahen Standorten im Murtal bis Leoben und im Mürztal bis circa Kapfenberg, im Raum Leoben-Trofaiach im Bereich der Hochebene von Gai, auf (zumeist waldfreien) Talstandorten im Murtal bis circa Murau, im Mürztal bis Mürzzuschlag und im Ennstal zwischen Liezen und Schladming, auf. Diese Waldvegetationszone korrespondiert mit der klassisch definierten submontanen Höhenstufe.

Baumartenspektrum Buche, Trauben-Eiche, Stiel-Eiche, Hainbuche, Tanne, Lärche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Flatter-Ulme, Vogel-Kirsche, Sommer-Linde, Winter-Linde, Edelkastanie, Walnuss, Fichte, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Eibe, Birke, Mehlbeere, Vogelbeere, Elsbeere, Speierling, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Stechpalme, Hopfenbuche, Manna-Esche

Gastbaumarten Douglasie, Rot-Eiche, Libanon-Zeder

Strukturen Es kommen sehr vielfältige Waldstrukturen vor; einerseits gibt es aktuell einen hohen Anteil an buchendominierten Beständen (Buche, Tanne), in diesem Fall besteht eine Tendenz zu einschichtigen Hallenbeständen; Stiel-Eiche und Trauben-Eiche treten immer wieder auf, zumeist aber nur beigemischt; andererseits sind Fichtenreinbestände, Fichten-Lärchen-Bestände und Fichten- Rot-Kiefern- Bestände verbreitet etabliert worden.

8.1 Standorte heute

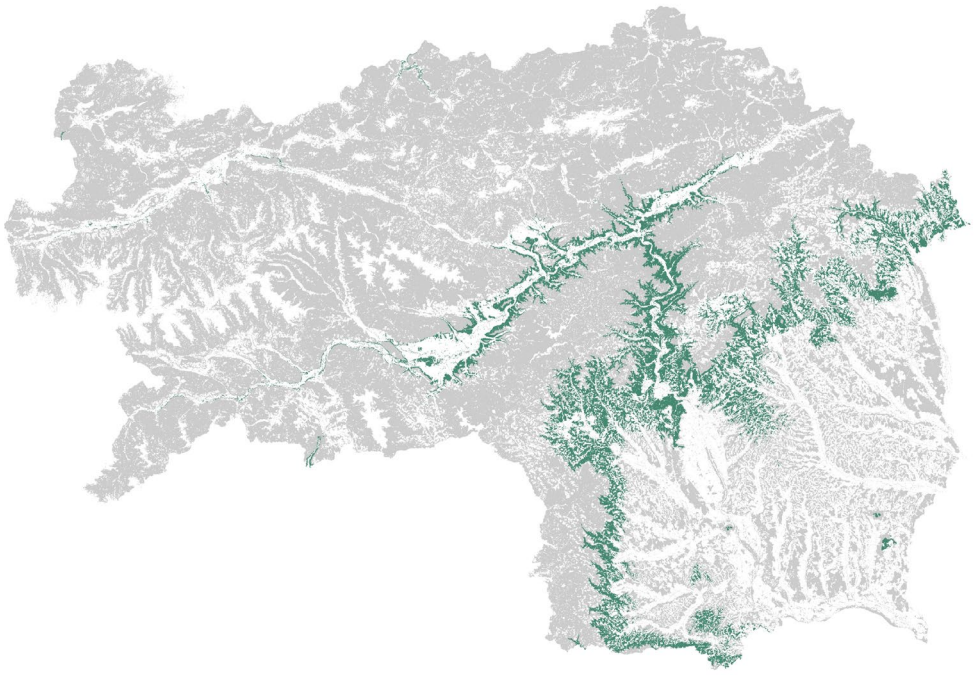


Abbildung 8.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe EB* in der *milden Laubwaldzone* der Steiermark. Daten-Basis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EB – Eichen-Buchenwald-Standorte* kommen in der Steiermark in den temperierten Gebirgs- und Hügellagen vor (Abb. 8.1), welche mit der *milden Laubwaldzone* korrespondieren. Diese erstreckt sich je nach Wuchsgebiet im Kernbereich etwa zwischen 500 m und 700 m Seehöhe (Abb. 8.5). Die *Waldgruppe EB* ist in der Steiermark flächenmäßig relativ weit verbreitet und nimmt aktuell 120.936 ha ein (11,1 % der Waldfläche in der Steiermark). Das ist damit zu erklären, dass aufgrund der Klimaerwärmung in den letzten 30 Jahren diese Waldvegetationszone schon relativ weit in größere Höhenlagen der Steiermark verschoben wurde. Die *Waldgruppe EB* tritt in talnahen Bereichen der Gebirgsgruppen der Steiermark flussabwärts von Leoben und Kapfenberg, im Bereich zwischen Leoben und Trofaiach (Gai-Hochplateau) und auf Einhängen in das Ost- und Weststeirische Hügelland (die Abhänge von Hochwechsel, Stuhleck, Pretul, Fischbacher Alpen, Grazer Bergland, Gleinalpe und Koralpe) auf. Darüber hinaus ist die *Waldgruppe EB* auf den Talstandorten, im Murtal bis circa Murau, im Mürztal bis Mürzzuschlag, im Ennstal zwischen Liezen und Schladming und im Liesingtal bis circa Mautern, ausgebildet, welche jedoch zumeist waldfrei sind (landwirtschaftliche und urbane Flächen-Nutzungen).

Die Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe EB* der *milden Laubwaldzone* groß. Es finden hier vor allem Buche, Trauben-Eiche, Stiel-Eiche, Hainbuche, Tanne und Lärche gute Standortsbedingungen vor. Darüber hinaus sind Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Vogel-Kirsche, Sommer-Linde, Winter-Linde, Edelkastanie, Walnuss, Fichte, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Eibe, Birke, Mehlbeere, Elsbeere, Vogelbeere, Speierling, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Hopfenbuche, Manna-

Esche und Stechpalme als weitere mögliche Baumarten zu erwähnen. Hinsichtlich Berg-Ulme und den weiteren Ulmenarten wird angemerkt, dass die vom Ulmensplintkäfer verbreitete Pilzkrankheit in der Vergangenheit zu großflächigem Absterben der Bäume geführt hat und was auch heute immer noch - insbesondere bei mittelalten bis älteren Bäumen - zum Ausfall führt. Ähnlich ist die Situation bei Esche, wo das Eschensterben derzeit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung dieser Baumart nicht zulässt (die Resistenz-Züchtungen von Esche sind im Kontext zu beachten).

Die milde Laubwaldzone ist auch eine Waldvegetationszone, in der die Verwendung von diversen Gastbaumarten wie Douglasie, Rot-Eiche und Libanon-Zeder überlegenswert erscheint.

Es ist zu betonen, dass die Eichenarten aktuell vor allem beigemischt auftreten, Buche ist in den Laubbaumbeständen zumeist dominant. Reine Nadelbaumbestände (Fichte, Fichte- Rot-Kiefer und Fichte-Lärche) treten aufgrund der historischen Bewirtschaftungspräferenzen noch weit verbreitet auf.

Unterhangstandorte der Talschaften in der *Waldgruppe EB*

Auf Unterhangstandorten in den größeren Gräben und Talschaften treten innerhalb der *Waldgruppe EB* spezifische Standortsbedingungen auf, welche das Wachstum der Baumarten Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn und Esche begünstigen. Durch die Akkumulation von Mineralboden- und Humusstoffen kommt es zu einer Anreicherung von Basen und Nährstoffen, also zu klassischen „Gewinnlagen“ im standortskundlichen Sinn. Aufgrund dessen sind dort oft Ahorn-Eschen-Waldstandorte zu finden. Diese Standorte können in den Karten nicht räumlich explizit dargestellt werden, sie sind lokal am relativ starken Auftreten der Hasel in der Strauchschicht und an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart, Hochstauden oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Die Höhenerstreckung dieser Standorte liegt zwischen 50 m - 200 m an den Unterhängen.

Stark pseudovergleyte Standorte und Auwald Standorte (Sonderwald-Standorte)

Grundsätzlich sind die stark pseudovergleyten Sonderwald-Standorte (Kategorie „P“) auf den Flächen der *Waldgruppe EB* flächig bedeutsam ausgebildet. Die Standortseinheit EB34rm beispielsweise umfasst manchmal stark pseudovergleyte Standorte im Hügelland (vgl. die Ausführungen zu den Sonderwaldstandorten der Kategorie „P“, Kapitel 15.1). Es können auch Auwald-Standorte flächig verbreitet auftreten (vgl. die Ausführungen zu den Sonderwaldstandorten der Kategorie „A“, Kapitel 15.3), daher ist es zu empfehlen, für Flächen der *Waldgruppe EB* auch die Karte der Sonderwald-Standorte einzusehen, um eine eindeutige standörtliche Zuordnung zu ermöglichen.

Relief

Es sind in der *Waldgruppe EB* der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Mittelhanglagen und Unterhanglagen dominieren. Auf Einhängen im West- und Oststeirischen Hügelland und auf den Einhängen im Grazer Becken sind die Landschaftselemente sanft ausgeprägt. Die Schutzwaldfunktion der Waldbestände der *Waldgruppe EB* ist überall dort, wo Steillagen mit hohen Felsanteilen ausgebildet sind, von zentraler Bedeutung. Allerdings ist in der *Waldgruppe EB* nur ein relativ geringer Schutzwaldanteil gegeben.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der milden Laubwaldzone der *Waldgruppe EB* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 8,6 °C. Dabei schwankt die Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten nur wenig, in EB2c ist sie mit 9°C am höchsten, in EB5cg ist sie mit 8,1°C am geringsten (Abb. 8.2). Die hohe Wärmeversorgung bedingt, dass in der Waldgruppe aktuell eine sehr große Baumartenvielfalt ausgebildet ist.

Der **Jahresniederschlag** in der milden Laubwaldzone der *Waldgruppe EB* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 901 mm. Die Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone ist aufgrund der talnahen Lagen eher im mittleren bis niedrigen Bereich angesiedelt. Dabei schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten weniger stark als in anderen Waldgruppen, in EB4c ist der Wert mit 961 mm am höchsten, in EB2u ist der Wert mit 808 mm am geringsten (Abb. 8.2). Grundsätzlich variiert der Jahresniederschlag in der Steiermark auch regional.

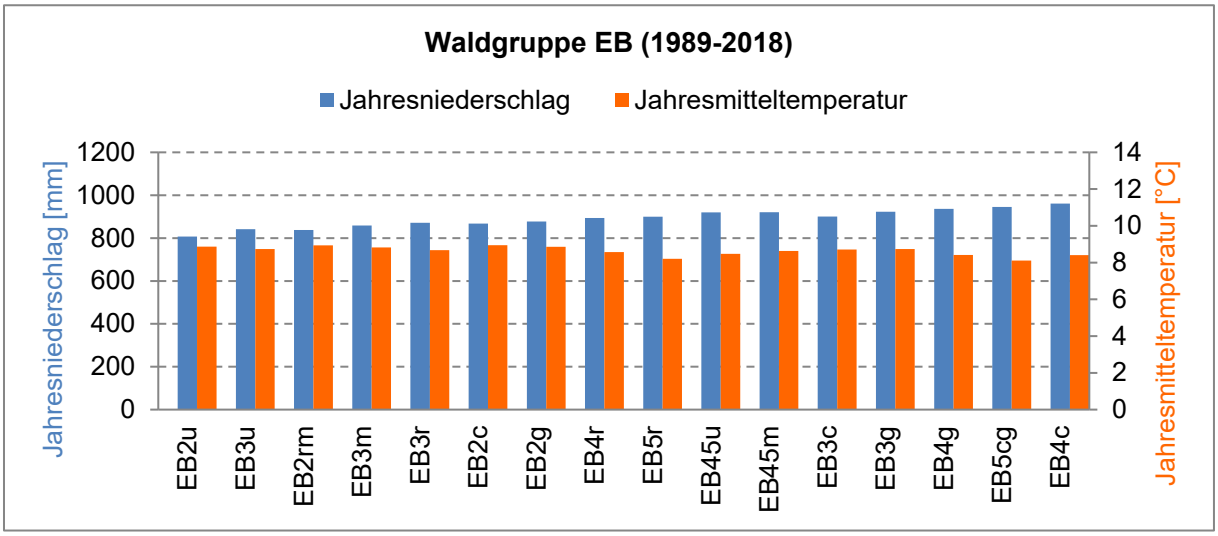


Abbildung 8.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EB* für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasserspeicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. In der *Waldgruppe EB* kommen die Wasserhaushaltsstufen „mäßig trocken“ bis „sehr frisch“ vor, am weitesten verbreitet sind die Stufen „frisch“ und „sehr frisch“ (Tab. 8.1). Feuchte Standorte kann Buche nicht erschließen, ebenso fehlt sie auf trockenen Standorten, weshalb die *Waldgruppe EB* jene nicht umfasst.

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab. Buche ist anspruchslos hinsichtlich Nährstoffversorgung, dennoch ist sie auf Karbonatgesteinen bzw. basenreichem

Silikatgestein konkurrenzkräftiger. Fast alle geologischen Substrate werden von Buche bestockt. Aber auf sehr sauren Grundgesteinen (Basenklasse „e“) kann sich Buche nicht erfolgreich etablieren und tritt dort zurück. Das heißt, dass in der milden Laubwaldzone auf den sehr sauren Substraten Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte) ausgewiesen wurden. Stiel-Eiche und Trauben-Eiche haben keine Präferenzen bezüglich Basengehalt der Standorte. Allerdings werden von diesen beiden Baumarten feinerdereiche und tiefgründige Böden bevorzugt. Alle Baumarten der *Waldgruppe EB* können die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen.

Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EB* angezeigt. Die nährstoffreichste Standortseinheit ist durch basenreiche Substrate mit einer sehr guten Wasserversorgung bedingt (EB5r). Am wenigsten Nährstoffe zeigen Standorte mit dem nährstoffarmen Bodentyp Rendzina und einer relativ geringen Wasserversorgung von mäßig trocken und mäßig frisch (EB2c, EB3c). Die Standortsunterschiede bezüglich der Nährstoff- und Wasserversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen. Das schematische Ökogramm ermöglicht eine standörtliche Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EB* – Eichen-Buchenwald-Standorte (Abb 8.3).

<table>
<tr><th></th><th>trocken</th><th>mäßig trocken</th><th>mäßig frisch</th><th>frisch</th><th>sehr frisch</th><th>feucht</th></tr>
<tr><td>carbonatisch</td><td rowspan="6"></td><td>EB2c</td><td>EB3c</td><td>EB4c</td><td rowspan="2">EB5cg</td><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td>basengesättigt</td><td>EB2g</td><td>EB3g</td><td>EB4g</td></tr>
<tr><td>basenreich</td><td rowspan="2">EB2rm</td><td>EB3r</td><td>EB4r</td><td>EB5r</td></tr>
<tr><td>mäßig basenhaltig</td><td>EB3m</td><td colspan="2">EB45m</td></tr>
<tr><td>basen-unterversorgt</td><td>EB2u</td><td>EB3u</td><td colspan="2">EB45u</td></tr>
<tr><td>extrem basenarm</td></tr>
</table>

Abbildung 8.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EB* – Eichen-Buchenwald-Standorte.

8.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einer annähernd gleichbleibenden mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandel-Szenarien) zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EB* in höhere Lagen der Hügellandschaften und Gebirge in der Steiermark (Abb. 8.4 und Abb. 8.5). Die Eichenarten zeigen die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft auf den Lokalitäten der heutigen *Waldgruppe EB* an Bedeutung gewinnen werden. Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EB* werden somit in weiten Bereichen in die *Waldgruppe EH* (*Eichen-Hainbuchenwald-Standorte – sehr milde bis milde Laubwaldzone*) übergehen. Die gesteigerte Bedeutung der Eichen (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EB* kann dabei oft nur waldbaulich unterstützt werden. Das liegt an der hohen Konkurrenzkraft der Buche – auch wenn die Eichenarten in der Zukunft eine immer bessere Standortstauglichkeit aufweisen, müssen sie durch waldbauliche Maßnahmen gefördert werden, um sich bestandesbildend zu etablieren. Aktuell dominiert die Buche auch auf den Standorten der *Waldgruppe EH* in der sehr milden Laubwaldzone.

Es ist zu betonen, dass die meisten Baumarten in der *Waldgruppe EB* in der Klimazukunft ihre Standortstauglichkeit bewahren werden können, allerdings wird die Baumarten-Eignungszahl einiger Baumarten in der Klimazukunft deutlich absinken. Fichte sollte auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EB* nicht mehr begründet werden, der Grund dafür ist das mit dem prognostizierten Temperaturanstieg einhergehende höhere Risiko für Borkenkäferbefall und Trockenschäden (z.B. Jönsson et al. 2017). Als Alternative dazu bieten sich eine Vielzahl von Mischungstypen von Laub- und Nadelbäumen an, was mit der Baumartenvielfalt in dieser Waldvegetationszone in direktem Zusammenhang steht.

Darüber hinaus wird die Standortstauglichkeit von Buche vor allem auf mäßig trockenen und mäßig frischen und sonnexponierten Standorten mit wenig Wasserspeicherkapazität abnehmen. Die Tauglichkeit der Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) und weiterer trockenheitsresistenter Baumarten wird ansteigen, weshalb sie auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EB* an Bedeutung gewinnen werden.

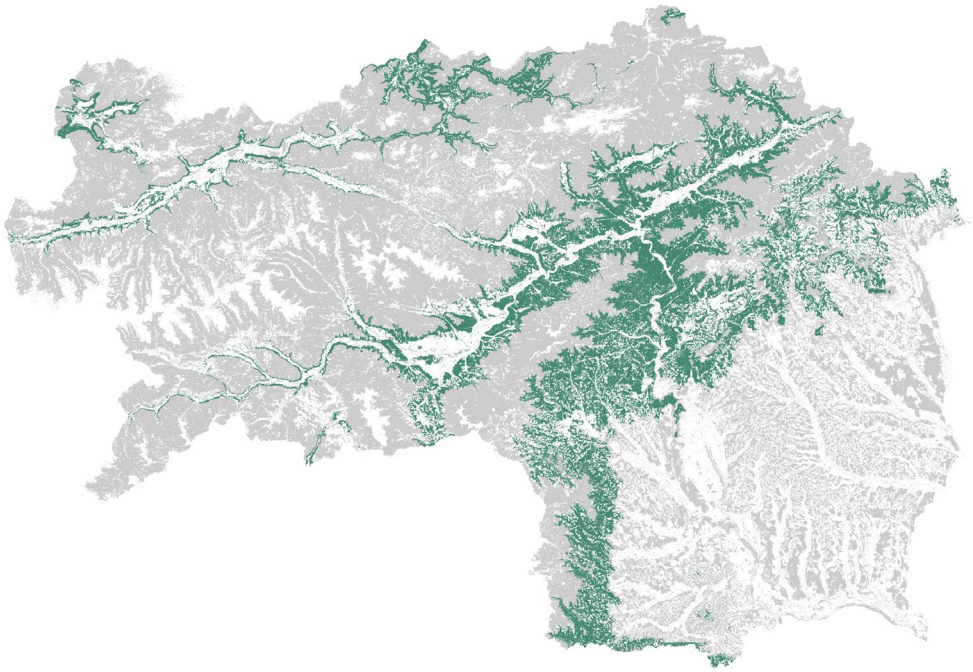


Abbildung 8.4: Verbreitung der *Waldgruppe EB* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

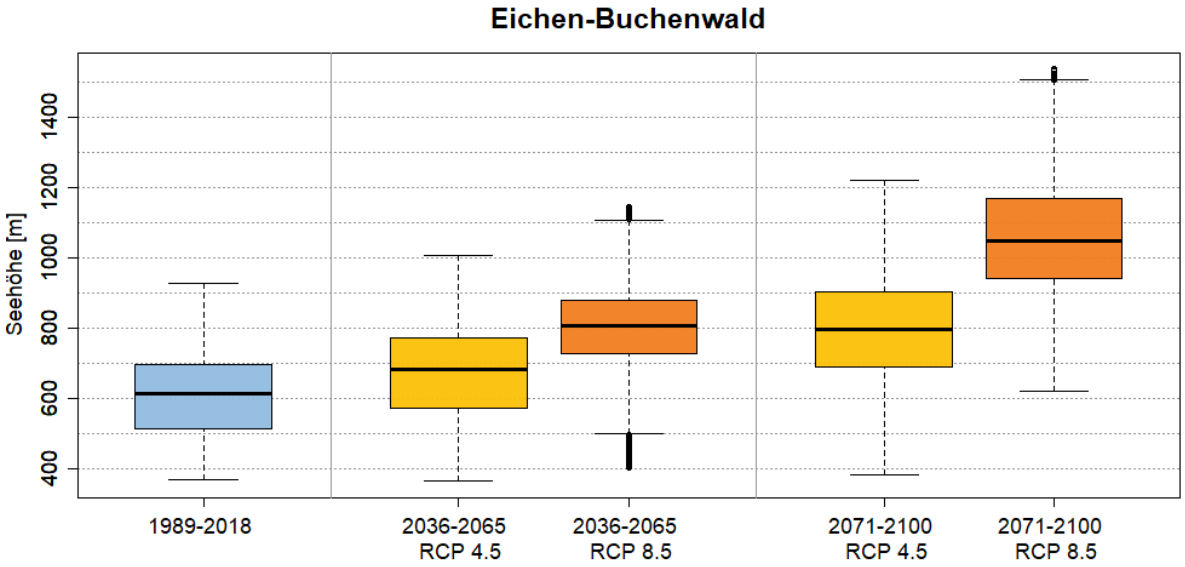


Abbildung 8.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe EB* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

Der Anstieg der Jahresmitteltemperatur wird von aktuell bis 2085 laut Klimaszenarien deutlich sein, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 8.2).

Tabelle 8.2: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme auf den heutigen Flächen der *Waldgruppe EB*.

Zeitlinie	**1989 - 2018**	**2085 (RCP 4.5)**	**2085 (RCP 8.5)**
Jahresmitteltemperatur (°C)	8,6 °C	10,4 °C	12,1 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	901 mm	957 mm	915 mm

Im Szenario RCP 4.5 wird EB2rm mit 10,7°C die höchste Jahresmitteltemperatur aufweisen und im Szenario RCP 8.5 EB2c mit 12,4°C. Die geringste Jahresmitteltemperatur wird in beiden Szenarien in EB5cg zustande kommen (10,1°C bzw. 11,6°C). Der Jahresniederschlag wird in EB4c am größten (1.035 mm bzw. 979 mm) und in EB2u am geringsten sein (859 mm bzw. 816 mm) (Abb. 8.6).

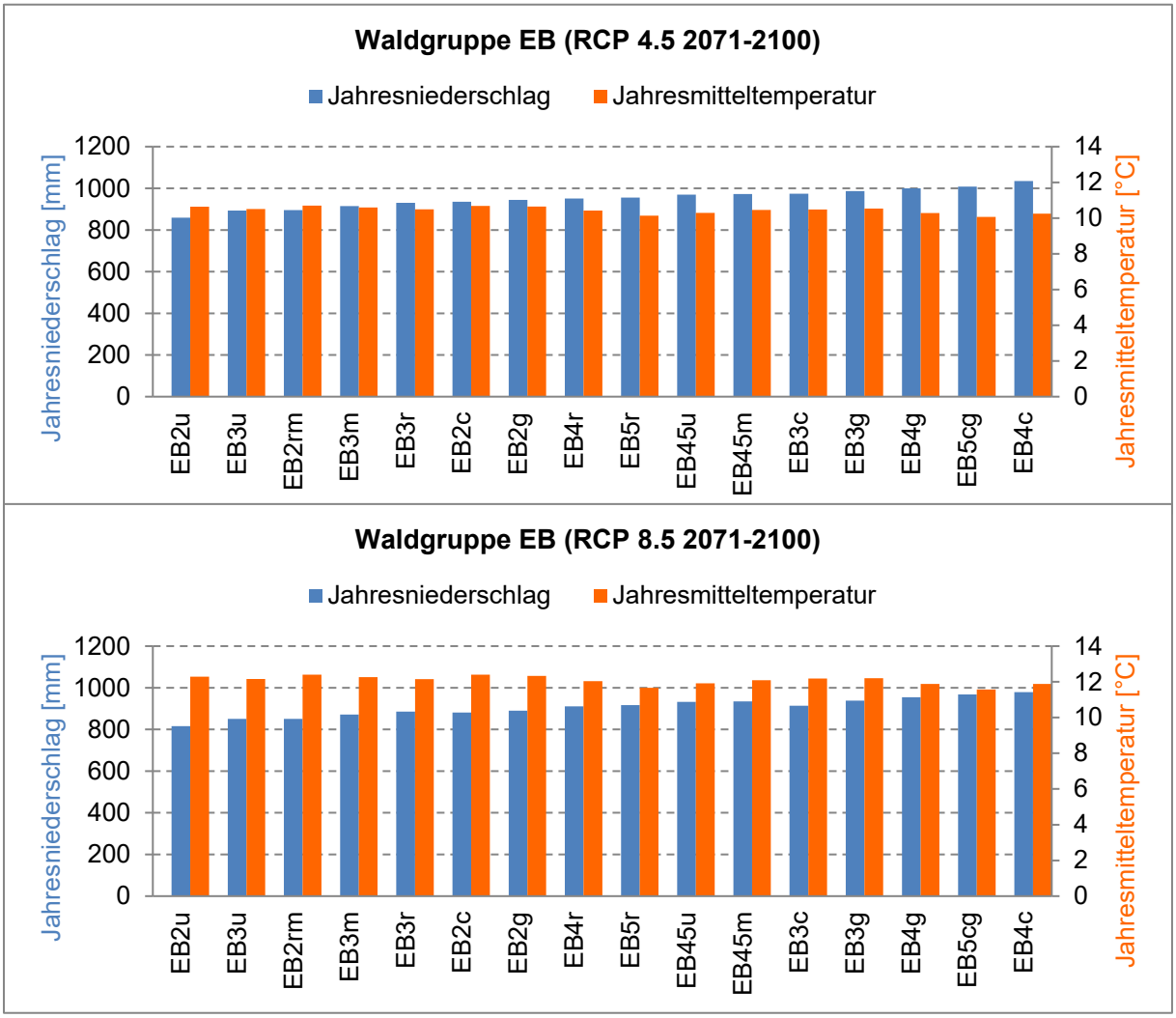


Abbildung 8.6: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EB* für den Zeitraum 2071-2100 für die Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 für die Steiermark.

8.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf den mäßig trockenen und mäßig frischen Standorten (EB2c, EB3c, EB2u, EB3u) kann Vergrasung als Folge von starken Bestandesöffnungen eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf sehr frischen und nährstoffreichen Standorten (EB5r, EB45m) können wiederum Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Insbesondere die nährstoffarmen Standorte an beiden Enden der Basenklasse (Waldstandortseinheiten EB2u, EB3u, EB45u, EB2c, BU3c, EB4c) können durch großflächige Kahlschläge oder intensive Biomasse-Nutzung degradiert werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoffauswaschung und auf Silikat zur Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. Gerade die Buche ist sensibel auf langfristigen Nährstoffentzug (Thomasius 1996). So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz, speziell von Ästen und Zweigen einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996). Das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde stellt einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe EB* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt (Moos et al 2016), was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden. Möglichst wurzelintensive Baumarten sind zur Bodenstabilisierung zu bevorzugen, wie etwa Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Tanne, Lärche und Buche (Thomasius 1996).

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (EB2c, EB3c, EB45cg). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschneemengen sind in der *Waldgruppe EB* aktuell sehr selten, können aber durchaus auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische Schneefall-Ereignisse, wodurch Wipfelbruch bei Fichte auftrat. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichten-Stangenhölzer, da der schwere Schnee auf dem einschichtigen Kronendach abgelagert wird (z.B. Kalberer 2007). Tannen können dem offensichtlich besser widerstehen, wie die deutlich geringeren Schäden an dieser Baumart nach dem massiven Schnee- und Eisanhang Ereignis 2014 im Süden Österreichs und in Slowenien gezeigt haben. Jedoch zählen die Laubbaumarten grundsätzlich (und somit auch Buche und die Eichenarten) zu den besonders schneebruchresistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten und auch der winterkahlen Lärche in der Waldgruppe hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann Buchenkronen erheblich schädigen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe EB* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäule-Bildung, bei Buche Rotkern-Bildung und Weißfäule). Lücken von > 20 m Länge in

Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe EB* zwar relativ selten auf, dennoch ist die Steinschlag-Gefahr auf den betreffenden Standorten zu beachten. Buche und Eichen können auf diesen Standorten aufgrund ihres hohen Energieabsorptionspotentials dann aber einen wichtigen Beitrag zum Steinschlagschutz leisten.

Waldbrand: In der *Waldgruppe EB* ist auf sonnseitigen und mäßig trockenen bis mäßig frischen Standorten Waldbrandgefahr gegeben, vorallem wenn dort Nadelbaumreinbestände stocken. Speziell die Standorte mit ausgeprägten Moderhumusauflagen sind von einer erhöhten Brandgefahr betroffen (EB2c, EB3c). Daher ist vor allem auf den sonnseitigen Standorten der Waldgruppe während Trockenperioden äußerste Achtsamkeit und Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um etwaige Brandentwicklungen zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände aber auch schattseitig und auf sehr frischen Standorten auftreten. Vorkehrungsmaßnahmen sind während solcher Perioden in der *Waldgruppe EB* grundsätzlich flächendeckend zu treffen. Laubbaumbestände sind im Allgemeinen weniger gefährdet.

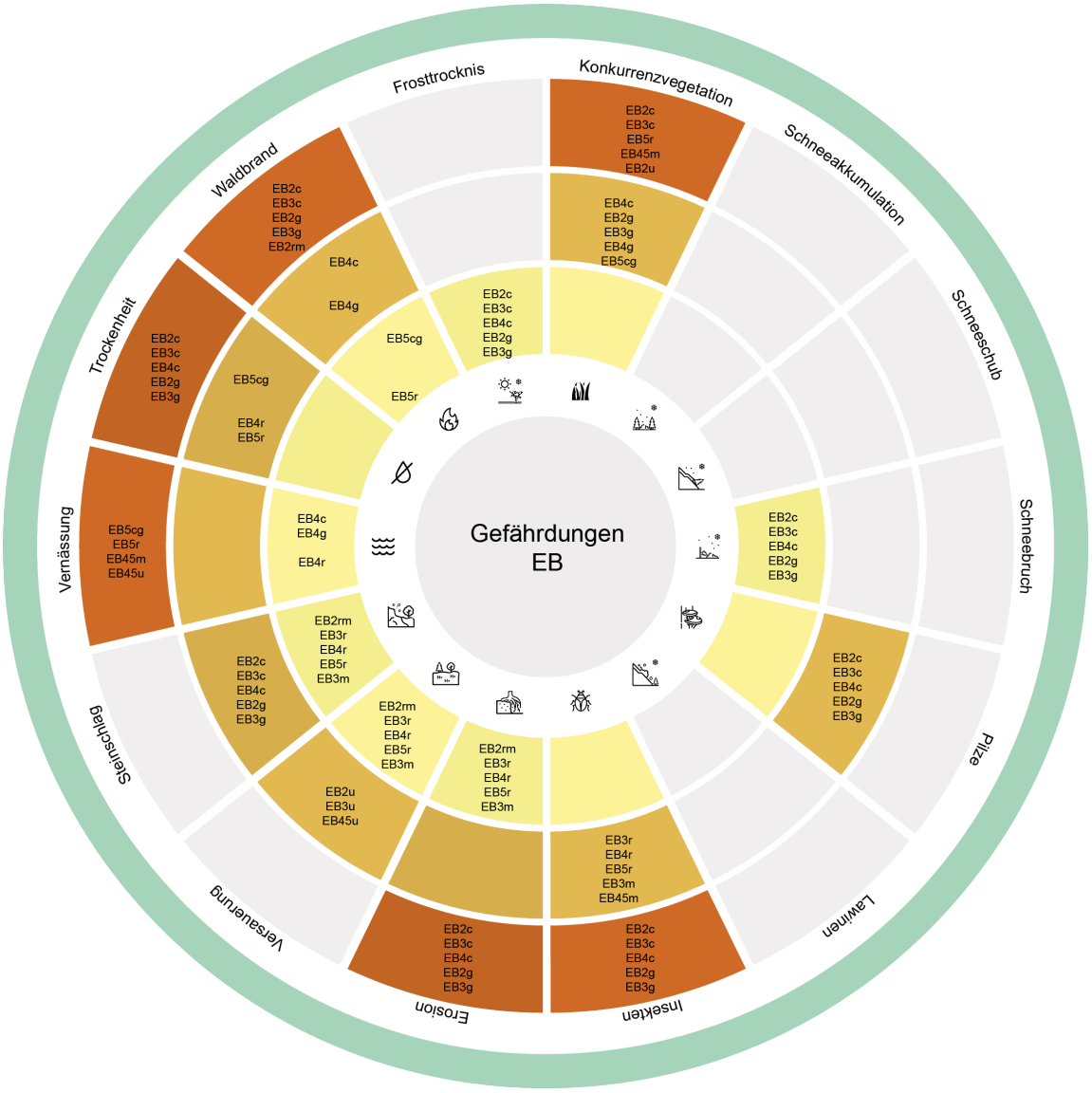


Abbildung 8.7: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EB*.

Trockenheit: In großen Bestandeslücken führt direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung. Buche leidet stark unter Trockenheit: Rindenbrand, Rindenrisse und das „Peitschensyndrom“ (Einziehen der Krone) treten auf. In der *Waldgruppe EB* ist das Auftreten von Trockenstress und mögliche Trockenschäden an den Waldbeständen besonders auf den mäßig trockenen und mäßig frischen sonnseitigen Standorten gegeben (Waldstandortseinheiten EB2c, EB3c, EB4c, EB2g, EB3g). Am stärksten anfällig dafür sind aktuell stockende Fichtenreinbestände, aber auch Buche reagiert darauf empfindlich. Die Eichenarten können aufgrund ihres tiefreichenden Wurzelsystems Trockenperioden relativ gut überdauern. Sehr lange andauernde Trockenperioden führen auf allen Standorten der Waldgruppe zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016).

Insekten: Die Milde Laubwaldzone birgt aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine erhöhte Gefahr für Borkenkäferkalamitäten. Aktuell sind von **Fichte** dominierte Bestände in der *Waldgruppe EB* durch Borkenkäfer gefährdet (insbesondere Buchdrucker, weniger Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden und den damit für eine Borkenkäfermassenvermehrung verbundenen besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoring-Maßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind in der *Waldgruppe EB* auf allen Standorten mit Fichtenbestockung empfohlen.

Bei **Lärchen** sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*) insbesondere entlang der Mur-Mürzfurche dokumentiert.

Die **Buche** ist aktuell vor allem durch den zweifärbigen Buchen-Borkenkäfer, den Buchen-Prachtkäfer (*Agrilus viridis*) und die Buchen-Wolllaus gefährdet. Für Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer sind insbesondere freigestellte Bäume während Trocken- oder Hitzeperioden anfällig, die bereits durch Sonnenbrand vorgeschädigt waren (Brück-Dyckhoff et al 2019).

Für **Tanne** sind aktuell Gefahren bezüglich Schädlingsbefall vor allem im Hinblick auf die Tannentrieblaus gegeben. Während die Weiß-Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weiß-Tannentrieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeschleppten Arten, die Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia merkeri*), als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999). Die milde Laubwaldzone der *Waldgruppe EB* bedeutet auch, dass für den Befall mit Tannentrieblaus ein relativ hohes Risiko besteht.

Die **Eichenarten** werden durch den Eichen-Prozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) immer wieder geschädigt. Darüber hinaus sind auch häufige Gradationen blattfressender Schmetterlingsraupen wie Eichenwickler (*Tortrix viridana*), Frostspanner (*Operophtera brumata*) und Schwammspinner (*Lymantria dispar*) als Gefährdung zu sehen. Der Zweifleckige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) gilt zwar als Folgeschädiger, kann aber als solcher auch bedeutsam werden, insbesondere in Verbindung mit dem Vorkommen bestimmter schädigender Bakterien, deren Wirken in Großbritannien als „Acute Oak Decline“ zusammengefasst wird. Hierzulande als „Akutes Eichensterben“ bezeichnet, wurden die Bakterien inzwischen auch schon nachgewiesen.

Pilzerkrankungen: Wurzelfäule-Erreger an **Buche** sind Riesenporling (*Meripilus giganteus*) und Hallimasch (*Armillaria mellea*). Buchenkrebs (*Nectria galligena*), Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) und die Krautfäule-Erreger (z.B. die Buchenkeimlingskrankheiten *Phytophtora cactorum* und *Pythium spp.*) können ebenfalls lokal zu einem Problem werden (Ebner und Scherer 2001; Altenkirch et al. 2002).

Die **Eichenarten** sind in der Jungwuchsphase durch die Eichen-Wurzelfäule-Erreger (beispielsweise *Cylindrocarpon destructans*) gefährdet. Die Wurzeln der Eichen können auch durch Pilze der Gattung *Phytophthora* geschädigt werden. Verbreitet ist der blattschädigende Eichen-Mehltau (*Erysiphe alphitoides*), welcher zumeist als Folge von Trockenperioden insbesondere an Johannistrieben zu verfrühter Blattwelke führen kann und im Zuge des Klimawandels möglicherweise auch verstärkt auftreten kann. Dabei ist zu beachten, dass der Eichen-Mehltau hauptsächlich die heimischen Eichenarten befällt, verschont aber weitgehend die nordamerikanische Rot-Eiche.

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch schon ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadelvergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall bedingt absterben. Lärchenkrebs kann in Lagen hoher Luftfeuchte und insbesondere in dichten Beständen mit zu geringer Durchlüftung zur Schwächung oder sogar zum Ausfall der Baumart führen.

Die **Esche** ist in Österreich seit dem Jahr 2005 stark vom Eschen-Triebsterben betroffen, welches in einigen Talschaften der Steiermark nahezu alle Eschen geschädigt oder zum Absterben gebracht hat. Die Befallsintensität ist in der Steiermark regional sehr unterschiedlich. Vor allem auf den Unterhang-Standorten, wo Esche gemeinsam mit den Ahornarten große Bedeutung hat, ist die vom Falschen Weißen Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöste Pilzerkrankung regional sehr massiv. Eine erfolgreiche Umsetzung forstlicher Vorhaben kann derzeit nicht erwartet werden, womit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung für diese Baumart derzeit nicht möglich ist. Trotzdem ist hervorzuheben, dass vereinzelte vitale Eschen die Auswirkungen der Krankheit auch überwinden werden können und die Baumart somit in waldbauliche Entscheidungen mit einbezogen werden kann.

Ein zu beachtendes Risiko für die **Edelkastanie** ist der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica* oder synonym *Endothia parasitica*). Auch die Ringschäle, die insbesondere bei Bäumen über 35-40 cm Durchmesser häufig auftritt, ist ein Gefahrenpotenzial.

In der Abb. 8.7 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EB* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

8.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lässt steigende Risiken für die Waldbestände und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 8.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe EB* gegen Auswirkungen des Klimawandels (u.a. Trockenperioden, vermehrtes Auftreten von Schädlingen) soll durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Resilienz ist die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe EB*, nach Störungen wieder zu erwünschten Zuständen zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe EB* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe EB* in der *milden Laubwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der großen Baumartenvielfalt in spezifischer Form gegeben (Abb. 8.8). Das fortgesetzte Begründen von Fichtenreinbeständen innerhalb der *Waldgruppe EB* ist aufgrund des Klimawandels als höchst riskant einzustufen, weshalb davon abgeraten wird. Als Alternative dazu bieten sich eine Vielzahl von Mischungstypen an, was mit der Baumartenvielfalt in dieser Waldvegetationszone in direktem Zusammenhang steht. Dazu ist in allen Fällen die Ausgangslage zu beachten, also die Frage, ob es sich aktuell um buchendominierte Laubwaldbestände mit Eiche, Tannen-Buchen-Waldbestände oder um Fichten-Lärchen- oder Fichten-Bestände handelt. In diesem Kapitel wird diesen unterschiedlichen Ausgangslagen Rechnung getragen und die empfohlenen waldbaulichen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

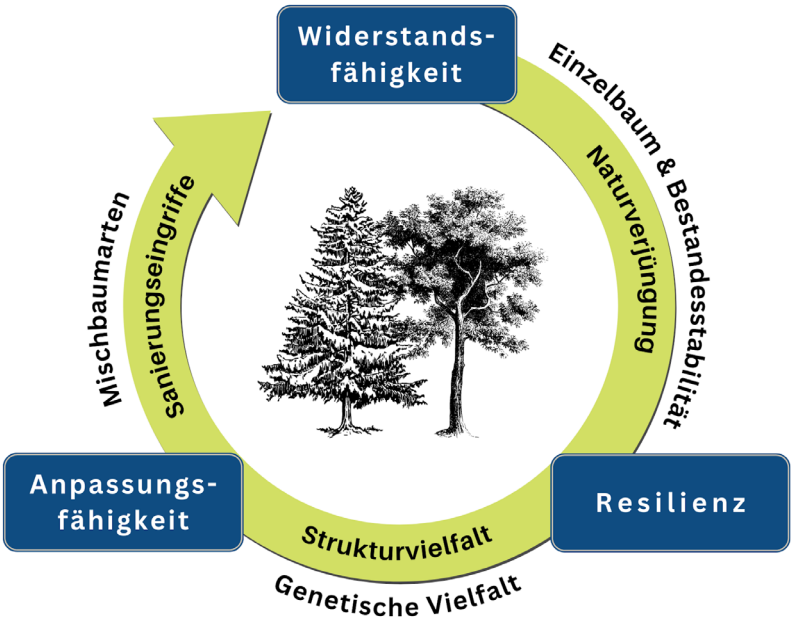


Abbildung 8.8: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

8.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Dabei ist die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen zentraler Aspekt der Resilienz und Widerstandsfähigkeit. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es in den Waldbeständen der *Waldgruppe EB* grundsätzlich von Vorteil, bereits vor der eigentlichen Verjüngungseinleitung auf einem Teil der Fläche die Naturverjüngung schon zu etablieren, um die Widerstandsfähigkeit und Resilienz der Bestände zu verbessern.

Die Buche ist in dieser Waldvegetationszone konkurrenzstark und etabliert sich, so sie in der Baumschicht vorhanden ist, in der Naturverjüngung zahlreich und vital. Besonders basenreiche Substrate fördern die Buchen-Naturverjüngung, wodurch karbonatische Standorte oftmals von Buche dominiert werden. Aber auch saure Substrate (EB3u oder EB45u) können von Buche erfolgreich besiedelt werden. Grundbedingung für eine erfolgreiche Buchen-Verjüngung sind waldökologisch tragfähige Wildstände. Auf sehr sauren Substraten (Basenklasse „e“ – extrem basenarm) kann sich Buche jedoch nicht etablieren, daher werden jene in der *milden Laubwaldzone* von der *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte) besiedelt.

Stiel-Eiche und Trauben-Eiche benötigen für eine erfolgreiche Entwicklung im Jungwuchsstadium und auch in weiterer Folge ausreichend Lichtgenuss (Lichtbaumarten). Wenn Samenbäume von Eichen im Altbestand vorhanden sind, können sich jene auch mittels Naturverjüngung etablieren, dabei sind allerdings die auftretenden Masten gut zu beobachten. Es ist oft nicht notwendig auf eine Vollmast zu warten, um die Naturverjüngung einzuleiten. Auch starke Durchforstungen können die Eichelproduktion fördern und so eine Vollmast durch mehrere wenige Halbmasten kompensieren. Voraussetzung dafür sind allerdings waldökologisch tragfähige Wildstände (Eiche wird stark verbissen, auch Samenfraß durch Wildschweine ist zu beachten), die Kontrolle der Buchenkonkurrenz (Mischungsregulierung) und des Lichtgenusses.

Tanne ist auf allen Standorten der *Waldgruppe EB* konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn sie im Altbestand vorhanden ist und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Die Ausbreitung von Tannensamen durch Vögel kann bei Vorhandensein von Samenbäumen einen relativ großen Raum durch Naturverjüngung abdecken.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe EB* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Trotzdem wird

Beimischung von Lärche in der *Waldgruppe EB* vor allem mittels Kunstverjüngung bewerkstelligt werden im Gegensatz zu höher gelegenen Waldvegetationszonen.

Die Fichte wurde auf den Standorten der *Waldgruppe EB* in der Steiermark in der Vergangenheit vor allem mittels Kunstverjüngung eingebracht. Sie verliert in der Waldgruppe bereits heute bezüglich Baumarteneignung immer mehr an Bedeutung. In der Klimazukunft wird ihre Eignungszahl noch weiter abnehmen.

Die vielfältigen Mischbaumarten der *Waldgruppe EB* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens in der Regel mittels Naturverjüngung etablieren. Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn und Esche vor allem auf Unterhängen oder auf Standorten mit basenreichen Böden, Vogel-Kirsche und Hainbuche auf basenreichen und frischen Standorten, Mehlbeere vor allem auf mäßig frischen oder frischen Karbonatstandorten, Berg-Ulme auf Unterhängen und relativ basenreichen Standorten, Birke auf sonnigen Kahlflächen, Rot-Kiefer auf mäßig frischen Rücken oder Kuppen, Vogelbeere auf allen Standorten und Eibe auf allen Standorten, aber gehäuft auf dolomitischem Untergrund. Die relativ seltenen Baumarten Elsbeere und Speierling jedoch werden in den meisten Fällen mittels Kunstverjüngung zu etablieren sein. Dasselbe gilt für Schwarz-Kiefer.

Bei der künstlichen Einbringung von Mischbaumarten sind diese wirksam gegen Wildverbiss zu schützen, weil ansonsten diese Baumarten bei den derzeitigen Schalenwildbeständen nicht erfolgreich etabliert werden können. Grundsätzlich ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalen- und Schwarzwildbeständen aber als Voraussetzung für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel zu sehen.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe EB* von zentraler Bedeutung für die Widerstandsfähigkeit und Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die große Vielfalt an Baumarten, welche in der *Waldgruppe EB* gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Eine Reduktion des Risikos flächiger Trockenschäden kann durch Einbringung trockenresistenter Mischbaumarten erzielt werden (Eichen, Schwarz-Kiefer, Mehlbeere, Elsbeere). Der große Konkurrenzdruck der Buche auf Mischbaumarten erfordert das gruppenweise Einbringen von konkurrenzschwächeren Lichtbaumarten (z.B. die Eichenarten) bzw. eine gezielte Mischungsregulierung im Jungwuchs- und Dickungsstadium und Förderung bis ins Baumholzstadium.

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Verbesserung der Einzelbaum- und Gruppenstabilität

In **Buchen-Tannen-Beständen & Buchen-Eichen-Beständen** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen (H/D < 0,8) empfohlen. Buche reagiert noch im Baumholzstadium stark auf eine Freistellung durch den Ausbau der Krone. Vorherrschende Buchen im Baum-/Altholzstadium auf tiefgründigen Böden sind kaum durch Kalamitäten gefährdet. Daher ist die gezielte Auslesedurchforstung zur Förderung stabiler Wertholzträger von Buche förderlich zur Stärkung der Stabilität der Waldbestände. Die Tanne erschließt vor allem tiefgründige Böden der Waldgruppe hervorragend und kann dort beachtliche Dimensionen erzielen. Die Förderung der Bestandesstabilität

erfolgt vor allem durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzel-System, wodurch Tanne als Stabilitätsträger die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen zu erhöhen vermag. Daher ist die Präsenz von kräftigen Tannen mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität von Waldbeständen. Trauben-Eiche und Stiel-Eiche haben ebenfalls eine stabilisierende Wirkung auf den Waldbestand. Ihr tiefreichendes Pfahlwurzelsystem kann tiefgründige und staunasse Böden gut erschließen. Beide Eichenarten benötigen zur Entwicklung ausreichend Licht, um im Alter die gewünschten H/D-Werte (< 0,8) aufzuweisen, weshalb für sie in allen Bestandesentwicklungsphasen ausreichend Lichtgenuss sicherzustellen ist. Die Förderung von stabilen und vitalen Individuen aller erwähnten Baumarten stärkt wiederum das Bestandesgefüge und trägt auch zu einer erhöhten Holzqualität bei.

In **Fichten-Lärchen-Beständen** der *Waldgruppe EB* ist auf eine hohe Einzelbaumstabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann. Mittel- bis langfristig sollten Fichten-Lärchen-Bestände in der *Waldgruppe EB* in klimafitte Mischungstypen überführt werden (vgl. Tab 8.6).

In einschichtigen **Fichtenreinbeständen** mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D - Werte > 0,8) sind instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen und die Bestände für eine Überführung vorzubereiten. In jüngeren Fichtenreinbeständen kann durch eine mäßige und wiederholte Auslesedurchforstung die Einzelbaumstabilität erhöht werden. Fichtenreinbestände im Baumholzalter sind in der *Waldgruppe EB* in passende klimafitte Mischungstypen durch Lochhiebe oder Saumschlagverfahren zu überführen oder mittels Kahlhieb umzuwandeln (vgl. Tab 8.4).

Schädlingsbefall und potenziell mögliche Maßnahmen

Borkenkäfer-Vermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** in der *Waldgruppe EB* besonders stark betroffen. In dieser Waldvegetationszone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten eines etwaigen Borkenkäferbefalls zu legen. Grund dafür sind die regional noch verbreiteten Fichtenreinbestände in Kombination mit den milden Jahresmittel-Temperaturen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Laubwaldbestände sind in der milden Laubwaldzone die beste Strategie, um der Borkenkäfergefährdung zu begegnen. Dazu werden für die verschiedenen Ausgangslagen in der Waldgruppe geeignete klimafitte Mischungstypen definiert.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen und verbreitet Spätfrostschäden auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*), insbesondere entlang der Mur- Mürzfurche, dokumentiert. Rechtzeitiges Entfernen der von Bockkäfer befallenen Lärchen kann den Populationsdruck verringern. Durch waldbauliche Maßnahmen können allerdings weder die Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche vermieden werden.

Die **Buche** kann vor Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer durch das Vermeiden von plötzlichen Freistellungen und der daraus verminderten Anfälligkeit der Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden, bewahrt werden. Darüber hinaus wird dadurch auch die Entwicklung von „Buchensonnenbrand“ vermieden.

Dem Triebsterben bei **Esche** wird bereits durch die Forschungsarbeiten zum Vermehrungsgut strategisch begegnet. Es wird beabsichtigt, resistente Individuen von Esche ausfindig zu machen und zu vermehren, um diese Edellaubbaumart für forstliche Zwecke weiterhin verwenden zu können. Zukünftig sollen mehr als dreihundert resistente Klone bereitstehen, die den Grundstock für eine weitere Vermehrung bieten sollen.

Für **Tanne** sind Gefahren bezüglich eines Schädlingsbefalls mit der Tannentrieblaus durch das Vermeiden einer plötzlichen Freistellung von Tannen-Jungwuchs/Dickungen unter Umständen zu verringern. Die Schattbaumart Tanne ist am besten unter Schirm zu verjüngen. Die Entwicklung dieser Schadinsektenart ist zu beobachten und weitere mögliche Maßnahmen sind daraus, wenn möglich, zu entwickeln.

Die **Eichenarten** sind vor Befall durch die diversen genannten Pilze (*Cylindrocarpon destructans, Phytophthora* sp., *Erysiphe alphitoides)* nur schwer zu schützen. Insbesondere bei Mehltaubefall begünstigt ein Zurückschneiden der befallenen Äste nur das Weiterbestehen des Pilzes und ist daher zu vermeiden. Sollten die **Eichenarten** mit Eichen-Prozessionsspinner befallen sein, sind unbedingt Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen. Menschen sollten aufgrund der gegebenen Gesundheitsgefährdung Abstand halten. Weitere Maßnahmen sind mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Die **Edelkastanie** kann in Bezug auf den Kastanienrindenkrebs nur durch resistente Individuen ersetzt werden, wobei darauf zu achten ist, dass alte Stockausschläge nicht-resistenter Individuen nicht austreiben können. Auch verschiedene Fäule-Erreger (*Phytophthora spp*) können der Edelkastanie gefährlich werden, wenn sie etwa nicht ausreichend Lichtgenuss erfährt.

8.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe EB* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels, in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen, oft in starker Form gegeben. Besonders die Fichtenreinbestände sind schon aktuell einem erhöhten Risiko ausgesetzt. In der Klimazukunft ist von der Aufforstung mit Fichte auf den heutigen Lokalitäten der *Waldgruppe EB* abzuraten. Weite Bereiche der heutigen *Waldgruppe EB* werden sich aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges in Richtung der *Waldgruppe EH* - Eichen-Hainbuchenwald-Standorte (sehr milde Laubwaldzone) verändern. Das bedingt, dass Stiel-Eiche und Trauben-Eiche in der Klimazukunft auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EB* eine erhöhte Tauglichkeit und Konkurrenzkraft aufweisen werden. Dennoch werden sich die Eichen nur durch spezifische waldbauliche Maßnahmen etablieren lassen, um die hohe Konkurrenzkraft der Buche – die auf den meisten Standorten der *Waldgruppen EB* und *EH* auch für die Klimazukunft eine hohe Eignungszahl aufweist – zu überwinden. Zum anderen stockt auf vielen Standorten der *Waldgruppe EB* heute keine Eiche im Altbestand, weshalb oftmals auf Kunstverjüngung zur Etablierung von Eichenarten zurückgegriffen werden muss.

Um die optimale Anpassungsfähigkeit der Waldökosysteme im Klimawandel sicherzustellen, ist in dieser Waldvegetationszone vor allem auf die Erzielung von stabilen und möglichst adäquat gemischten Waldbeständen zu achten. Man kann folglich aktuell mit dem Etablieren von passenden klimafitten Mischungstypen unter verstärkter Berücksichtigung der Eichenarten beginnen. Im

folgenden Kapitel werden unter der Rubrik „klimafitte Mischungstypen“ waldbauliche Strategien für die *Waldgruppe EB* beschrieben, wobei unterschiedliche Ausgangslagen berücksichtigt werden.

Genetische Vielfalt erhalten

Bei Durchforstungen ist der Erhaltung der genetischen Vielfalt Rechnung zu tragen. Die Förderung von Mischbaumarten, die auch dem Zielbestand (klimafitter Mischungstyp) angehören, erhöht die Anpassungsfähigkeit. Für Waldökosysteme ist die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist an die spezifischen Wuchsbedingungen der Waldvegetationszone angepasst.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Auch Wildlingsvermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar. Kunstverjüngungsmaßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist.

Grundbedingung für die Erzielung klimafitter Mischungstypen in *Waldgruppe EB* ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalen- und Schwarzwildbeständen. Nur so kann die erfolgreiche Verjüngung und Entwicklung aller erwünschten Baumarten nachhaltig umgesetzt werden. Für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel ist das somit Grundvoraussetzung.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppe EB* muss dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumartenkombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Mischwaldbestände), während für die reinen Nadelbaumbestände eine Überführung in laubbaumdominierte Waldbestände notwendig werden wird. Die Dominanz von Laubbaumarten verbessert insgesamt die Bestandesstabilität und Resilienz (Valinger and Fridman 2011; Jactel et al. 2017), und kann auf ärmeren Standorten außerdem zu einer verbesserten Bestandesleistung führen (Pretzsch et al. 2010). Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben.

StEi - Bu - Ta (vor allem Standorte mit natürlicher Präsenz von Stiel-Eiche, erst ab Wasserhaushaltsstufe 4 – also nur auf frischen und sehr frischen Waldstandortseinheiten, vor allem wegen der Eignung von Buche in der Klimazukunft)

Tanne und Stiel-Eiche bringen Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und erschließen die Nährstoffvorräte tiefliegender Bodenschichten. Buche und Tanne sind schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken. Für die Stiel-Eiche hingegen muss zur Verjüngung und auch in weiterer Folge ausreichend Lichtgenuss zur Entwicklung sichergestellt werden. Buche kann unter Umständen als Umfütterung von Stiel-Eiche eingesetzt werden, dabei ist allerdings der erhöhte Pflegeaufwand zur Konkurrenzregelung zu beachten. Die Kombination der drei Baumarten verspricht gutes Wertholzpotenzial.

TrEi - Bu - Ta (vor allem Standorte mit natürlicher Präsenz von Trauben-Eiche, nicht auf EB2c und EB3c und ab Wasserhaushaltsstufe 4 – also nur auf frischen und sehr frischen Waldstandortseinheiten, vor allem wegen der Eignung von Buche in der Klimazukunft)

Tanne und Trauben-Eiche bringen Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und erschließen die Nährstoffvorräte tiefliegender Bodenschichten. Buche und Tanne sind schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken. Für die Trauben-Eiche hingegen muss zur Verjüngung und auch in weiterer Folge ausreichend Lichtgenuss zur Entwicklung sichergestellt werden. Buche kann als Umfütterung von Trauben-Eiche eingesetzt werden. Die Kombination der drei Baumarten verspricht gutes Wertholzpotenzial.

StEi - Hbu - SAh

Stiel-Eiche in der Oberschicht und Hainbuche in der Mittelschicht stellen eine klassische Form der Eichen-Wertholzproduktion dar. Der Spitz-Ahorn kann zur Bereicherung der Baumartenvielfalt zusätzlich eingesetzt werden. Die Mischung wird vor allem in den wärmeren Regionen der *Waldgruppe EB* (z.B. Einhänge in das Ost- und Weststeirische Hügelland, mittleres Murtal östlich von Leoben und südlich von Bruck an der Mur, etc.) in der Klimazukunft tauglich sein. Die Stiel-Eiche wird nur mittels gezielter waldbaulicher Maßnahmen zu etablieren sein (Konkurrenzdruck der Buche).

TrEi - Elsb - FAh (vor allem karbonatische Standorte – EB2cg, EB3g, EB4g, EB5cg)

Trauben-Eiche und Elsbeere können Wertholz liefern. Elsbeere und Feld-Ahorn sind wärmeliebend und genügsam, auch auf flachgründigen Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität. Die Trauben-Eiche kann die Oberschicht bilden, die Elsbeere und der Feld-Ahorn die Mittelschicht. Die lichtbedürfte Elsbeere kann sogar soweit schattentolerant sein, dass sie sich unter der Überschirmung von Eichen verjüngt. Das ist ein Mischungstyp mit guter Eignung für mehrschichtige und stufige Bestände und wird sogar auf mäßig frischen bis mäßig trockenen und karbonatischen Standorten eine probate Alternative darstellen.

TrEi - Eka - Li

Der Mischungstyp erlaubt eine Wertholzerzeugung von Trauben-Eichen gemeinsam mit Edelkastanie und mit Linde im Nebenbestand. Die Linde (Winter-Linde oder Sommer-Linde) als wärmeliebende Baumart ist „Klimawandel-Gewinnerin“. Trauben-Eiche und Linde ergänzen sich bezüglich Schattentoleranz und Holzeigenschaften. Die Trauben-Eiche und die Edelkastanie können die Oberschicht bilden, und die Linde als schattentolerante Baumart in der Mittelschicht die Bildung von Wasserreisern verhindern. Die Beimischung von Linde kann boden- und klimaverbessernd wirken.

FlEi - Mb - FAh (für Karbonatstandorte - EB2g, EB3g)

Der Standortschutz kann auf feinerdereichen und mäßig frischen bis mäßig trockenen Karbonat-Standorten durch eine Flaum-Eichen - Mehlbeeren - Feld-Ahorn-Bestockung übernommen werden. Die Mehlbeere und die Flaum-Eiche können solche Standorte stabil bestocken und zeigen eine bessere Toleranz gegenüber starker Trockenheit und Sommerwärme als Stiel- und Trauben-Eiche. Ihre Streu fördert die Bodenentwicklung. Auch der Feld-Ahorn als Trockenheits-resistenteste Ahornart kann in die Bestockung der Standorte integriert werden. Die Waldbestände können auf den besagten Schutzwaldstandorten mittlere Wüchsigkeiten erbringen.

Dou - Bu - SAh (nicht auf den karbonatischen Standorten EB2c, EB3c, EB4c und EB5cg)

Douglasie bietet hohe Wuchsleistungen und eine relativ hohe Trockenresistenz. Eine horstweise Mischung bietet Vorteile hinsichtlich Stabilität und Pflegeintensität. Douglasie in der Oberschicht und Buche und Spitz-Ahorn in der Mittelschicht stellen eine probate Alternative dar. Douglasie wächst deutlich besser in Mischbeständen mit Buche, während die Buche in ihrem Wachstum verglichen mit Reinbeständen unverändert bleibt (Thurm et al. 2016). Darüber hinaus erhöht die Mischung die Resilienz der Waldbestände. Buche und Spitz-Ahorn erhalten durch die gut abbaubare Streu die Standortsgüte, verringern das Ausfallrisiko (in Relation zu einem Douglasienreinbestand bei Gesamtausfall) und lassen sich leicht verjüngen. Bei Trockenstress im Mischbestand ist die Erholungszeit der Douglasie im Verhältnis zum Reinbestand verkürzt, jene der Buche allerdings verlängert (Thurm et al. 2016). Die Douglasie ist auf Karbonatstandorten (Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen) nicht zu empfehlen, weil sie auf diesen Standorten im Stangenholzstadium Probleme bekommen könnte (Risiko des Absterbens). Auf Standorten mit Buchendominanz wird die Douglasie nicht ohne intensive Pflegemaßnahmen aufkommen, da sie nur mäßig schattentolerant ist. Douglasien sind sensibel gegenüber Früh- und Spätfrösten, sowie Frosttrocknis. Auch die Douglasienschütte kann zur Gefährdung werden, daher wird Douglasien-Anbau explizit nicht für Unterhangstandorte (bzw. Standorte mit häufig hoher Luftfeuchte und Nebel) empfohlen. Durch regelmäßige, kräftige Durchforstungen kann das Infektionsrisiko verringert werden (Schüler und Chakraborty 2021).

StEi - Eka - Bu (auf Basenklassen „m“ bis „u“)

Edelkastanie ist von der Pflege her eine anspruchsvolle Baumart, da sie viel Licht und regelmäßige Freistellung braucht, um Wertholz produzieren zu können. Sie sollte vor allem auf gut nährstoff- und wasserversorgten Standorten mit tiefgründigen Böden angebaut werden. Auf diesen Standorten kann sie bei regelmäßiger Pflege als geeignete Baumart für die Wertholzproduktion in einer wärmeren Zukunft erachtet werden. Sie hat eine ausgeprägte Ausschlagfähigkeit und könnte nach dem Wertholzabtrieb auch im Zuge einer Niederwaldbewirtschaftung weitergenutzt werden (Conodera et al. 2021). Die Stiel-Eiche passt bezüglich ihrer Lichtansprüche sehr gut zur Edelkastanie. Die Buche kann als Halbschattbaumart für die Gestaltung der Mittelschicht verwendet werden. Es ist eine sturmresistente und mäßig trockenresistente Mischung mit zwei ausschlagfreudigen Baumarten.

RoEi - WiLi - BAh (nicht auf karbonatischen Standorten)

Rot-Eiche kann als raschwüchsigste Eichenart tiefgründige Böden mit ausreichender Basenversorgung sehr gut erschließen und verspricht dort in der Mischung mit Winter-Linde und Berg-Ahorn eine klimafitte Mischung mit einem hohen Wertholzpotenzial. Die drei Baumarten sind am besten gruppenweise zu etablieren. Rot-Eiche wird aufgrund ihrer Raschwüchsigkeit die Oberschicht bilden, während Winter-Linde und Berg-Ahorn vorerst die Mittelschicht bilden und erst mit zunehmendem Alter in die Oberschicht vordringen können. Die Eigenschaften des Holzes der Rot-Eiche sind aber nicht vergleichbar mit den Holzeigenschaften der hochwertigen heimischen Stiel-Eiche oder Trauben-Eiche.

BAh - SAh - Es - Ta (auf Unterhangstandorten ab Wasserhaushalsstufe 4 [frisch und sehr frisch])

Auf Unterhangstandorten mit auffälliger Präsenz der Hasel ist die Mischung von Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Esche und Tanne eine stabile Alternative. Berg-Ahorn und Spitz-Ahorn können beachtliche Dimensionen erzielen und Wertholz liefern, Tanne gedeiht auf den Standorten sehr wüchsig. Esche kann im Falle von resistenten Individuen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls wertholztaugliche Sortimente erzielen. Darüber hinaus können die Baumarten aufgrund ihres Wurzelsystems den Bodenkörper gut stabilisieren und somit auch lokal die Schutzwirkung erhöhen. Bei waldökologisch tragfähigen Wildständen können sich alle vier Baumarten mittels Naturverjüngung etablieren.

SKi - Mb (für die karbonatischen Standorte EB2c und EB3c)

Auf mäßig trockenen und mäßig frischen Rendzina-Standorten (Kalklehm-Rendzina oder Rendzina) ist die Kombination von Schwarz-Kiefer und Mehlbeere eine klimafitte Mischung. Die Schwarz-Kiefer vermag die feinerdearmen Karbonatstandorte auch unter erhöhtem Temperaturregime stabil zu bestocken und kann auf den nährstoffarmen Standorten noch annehmbare Wuchsleistungen erzielen. Mehlbeere ist aufgrund der geringen Wasser- und Nährstoffversorgung als Baumart der Mittelschicht vor allem im Hinblick auf die Verbesserung der Humusdynamik und die Erhöhung der Bestandesstabilität zu sehen.

SKi - SAh - Mb (für die karbonatischen Standorte EB2c und EB3c)

Auf mäßig trockenen und mäßig frischen Rendzina-Standorten (Kalklehm-Rendzina oder Rendzina) ist die Kombination von Schwarz-Kiefer, Spitz-Ahorn und Mehlbeere eine klimafitte Mischung. Die Schwarz-Kiefer vermag die feinerdearmen Karbonatstandorte auch unter erhöhtem Temperaturregime stabil zu bestocken und kann auf den nährstoffarmen Standorten noch annehmbare Wuchsleistungen erzielen. Spitz-Ahorn und Mehlbeere sind aufgrund der geringen Wasser- und Nährstoffversorgung als Baumarten der Mittelschicht vor allem im Hinblick auf die Verbesserung der Humusdynamik und die Erhöhung der Bestandesstabilität zu sehen.

In Tab. 8.3 sind die definierten klimafitten Mischungstypen als Übersicht zusammengefasst.

Achtung: Bitte überprüfen Sie in der digitalen Standortskarte die Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EB*. Es ist zu beachten, welche zukünftigen Waldstandortseinheiten für die Waldgruppe simuliert worden sind, unterschieden in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085. Aufgrund dessen können Sie den für Sie am besten passenden klimafitten Mischungstyp auswählen (Tab. 8.3). Wesentlich ist dabei, zu beachten, dass die Baumarten aller definierten klimafitten Mischungstypen bereits heute und auch in der Klimazukunft Standortstauglichkeit aufweisen. Das ist die Grundlage für die waldbauliche Umsetzung der Empfehlungen in der Gegenwart.

Tabelle 8.3: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe EB* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedliche zukünftige Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	**künftige Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
Standorte mit natürlicher Präsenz von Stiel-Eiche	EB, EH	StEi - Bu - Ta
		StEi - Hbu - SAh
		StEi - Eka - Bu
Standorte mit natürlicher Präsenz von Trauben-Eiche	EB, EH	TrEi - Bu - Ta
		TrEi - Eka - Li
Für die karbonatischen Standorte EB3g, EB4g, EB5cg	EB, EH	TrEi - Els - FAh
Für die karbonatischen Standorte – EB2c, EB3c	EB, EH	SKi - Mb
		SKi - SAh - Mb
Für die karbonatischen Standorte – EB2g, EB3g	EB, EH	FlEi - Mb - FAh
Nicht auf karbonatischen Standorten	EB, EH	Dou - Bu - SAh
		RoEi - WiLi - BAh
Auf Unterhangstandorten ab WHH „frisch“	EB, EH	BAh - SAh - Es - Ta

*sehr gute und gute Baumarteneignung 2085

8.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Aus der kombinierten Betrachtung aktueller Baumartenanteile und der zukünftigen Baumarteneignung kann die Dringlichkeit für die Überführung in einen klimafitten Mischungstyp abgeschätzt werden. Zum Beispiel ergibt die Summe aus den Produkten der aktuellen Baumartenanteile (z.B. aus dem Operat) mit den Eignungswerten der jeweiligen Baumarten für 2085 einen näherungsweisen Wert für die Bestandeseignung (siehe Tab. 8.4). Dieser Wert der Bestandeseignung kann um die Beurteilung der vorhandenen Strukturparameter ergänzt werden (Bestandesschichtung, Einzelbaumstabilität, Kronenlänge – siehe Abb. 8.9).

Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände und Fichten-Lärchen-Bestände in der *Waldgruppe EB* in der Klimazukunft eine geringe Baumarteneignung. Abhängig von Wuchsgebiet und Seehöhe können diese Bestände daher rasch in passende klimafitte Mischungstypen überführt/umgewandelt werden.

Sehr hohe Dringlichkeit: Eine Nadelholzbestockung mit Baumarten geringer Eignung kann in der *Waldgruppe EB* mit regelmäßigen Eingriffen im Turnus von 5-10 Jahren schrittweise in einen klimafitten Bestand überführt werden: Die Eingriffe können umso kräftiger ausfallen, je höher die Einzelbaumstabilität ist (H/D < 0,8 und Kronenlänge > 50%). Die Förderung von 150-200 Z-Bäumen pro ha im Falle einer Fichtenbestockung wird empfohlen. Ist die Einzelbaumstabilität im Mittel geringer, sollten nur 50-100 Z-Bäume gefördert werden. Alle Eingriffe haben zum Ziel, die Struktur und damit die Bestandesstabilität zu erhöhen, sowie die Baumkronen von erwünschten Zielbaumarten mit hoher Eignung am Standort zu pflegen und zu fördern. In einschichtigen, labilen Nadelbaumbeständen werden instabile Gruppen entnommen. In diesen Lücken muss frühzeitig mit geeigneten Baumarten der zukünftigen klimafitten Mischungstypen künstlich verjüngt werden.

Hohe Dringlichkeit: Sukzessive Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten, um im Gegenzug standortsgerechte Baumarten mit höheren Stabilitätswerten zu fördern und deren Kronenentwicklung zur Samenproduktion zu unterstützen. Dabei sollte zu schnelle Freistellung von Buchen vermieden und pro Eingriff 1-2 Bedränger entnommen werden (Auslesedurchforstung). Auf geeigneten Standorten sind Edellaubbäume im Stangenholz- bzw. jungen Baumholzstadium stärker zu fördern, um eine adäquate Kronenentwicklung noch zu ermöglichen. In überdichten Fichtenbeständen erfolgt Stammzahlreduktion mit dem Ziel, stabile Einzelbäume und Gruppen zu fördern und mittelfristig den H/D-Wert der Bäume zu verbessern.

Geringe Dringlichkeit: Reduktion/Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten sowie Förderung der Bestandesstabilität im Turnus von < 10 Jahren.

Zur Herleitung der Dringlichkeit für die Überführung eines bestehenden Waldbestands in *Waldgruppe EB* dient die Abb. 8.9 zur Verdeutlichung.

Tabelle 8.4: Beispielhafte Herleitung der Dringlichkeit zur Überführung von Waldbeständen in *Waldgruppe EB*.

Aktueller Mischungstyp	Anteil am aktuellen Bestand	Baumarteneignung 2085 laut Waldtypenbeschreibung	Bestandeseignung	Dringlichkeit für Überführung 1 = sehr hoch = 0-3,9 2 = hoch = 4-7,9 3 = gering = 8-10	Empfohlener Zeitrahmen 1 = 20-40 Jahre 2 = 40-60 Jahre
Stiel-Eiche	50%	8	50% * 9	8,3 → 3	1 oder 2, abhängig von Struktur und Einzelbaumstabilität
Buche	30%	8	+ 30% * 8		
Tanne	20%	7	+ 20% * 7		
			= 8,3		

Mischwaldbestände aus Stiel-Eiche und Buche weisen zumeist eine höhere durchschnittliche Baumarteneignung auf. Wenn die Waldbestände eine hohe Vertikalstruktur, Textur und und ausgebildeten Jungwuchsstadien aufweisen, dann können die Bestände gemäß der waldbaulichen Zielsetzung weiter entwickelt werden, eine Überführung ist nicht dringlich. Strukturierte Nadelwaldbestände aus Fichte und Rot-Kiefer, mit einer geringeren durchschnittlichen Baumarteneignung, welche aber eine gewisse Strukturvielfalt und Jungwuchsstadien inklusive sporadischem Stiel-Eichen Jungwuchs aufweisen, sollten in einem Zeitraum von 40-60 Jahren in einen klimafitten Waldbestand überführt werden. Reine Nadelwaldbestände aus Fichte und Rot-Kiefer ohne vertikale Struktur aber mit stabilen Einzelbäumen sollten innerhalb von 20-40 Jahren überführt werden. Hingegen sollten einschichtige Fichten- Rot-Kiefern- Bestände mit instabilen und kurzkronigen Baum-Individuen schon in weniger als 20 Jahren überführt werden, um einen klimafitten Waldbestand zu erreichen – in solchen Beständen ist die Dringlichkeit am höchsten (Abb. 8.9).

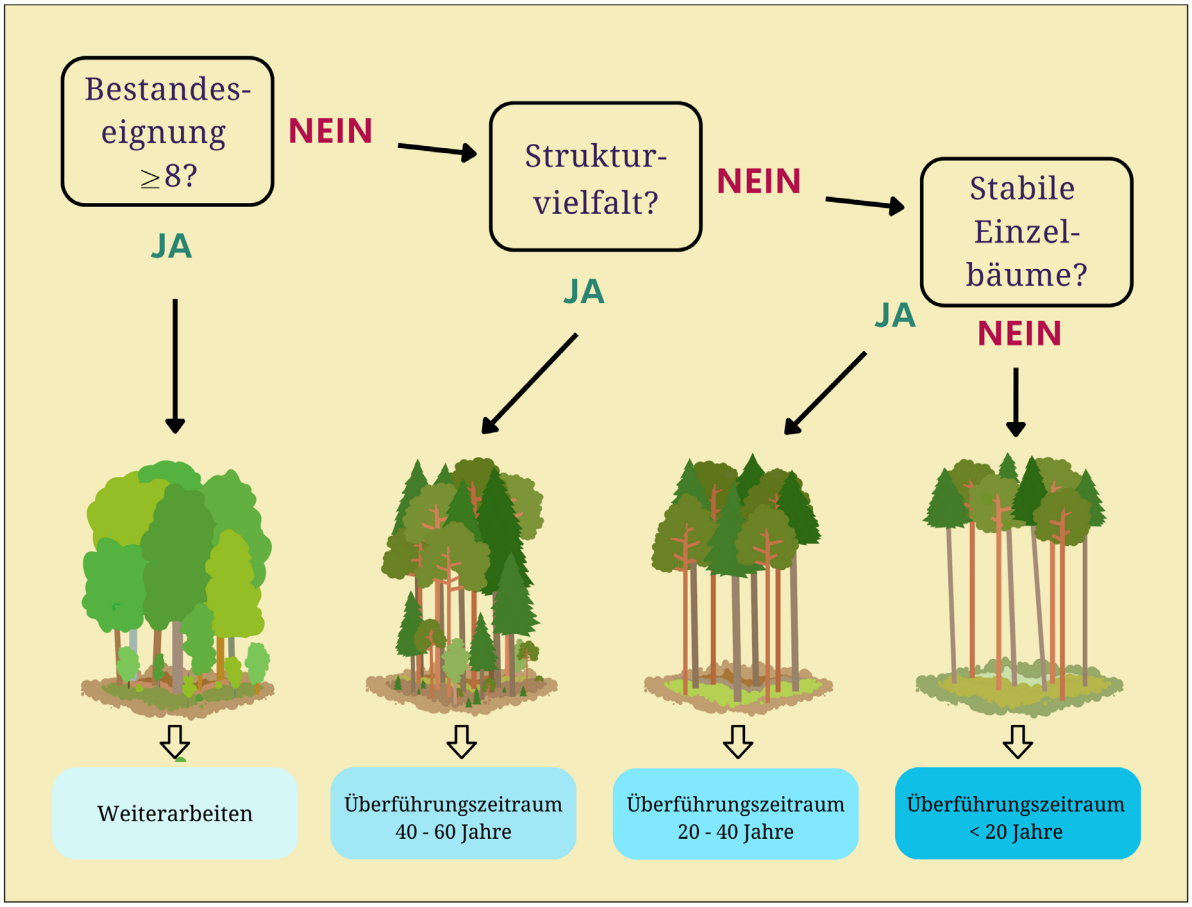


Abb. 8.9: Schematische Darstellung für die Herleitung der Dringlichkeit zur Überführung von Waldbeständen in der *Waldgruppe EB*.

8.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe EB* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe EH* vorherrschen, also auf den betreffenden Standorten es zu einer Veränderung von der milden Laubwaldzone in die sehr milde Laubwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu betrachtenden Waldbestand angenommen, darüber hinaus wurden für alle Optionen die Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert.

In Tab. 8.5 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Stiel-Eiche - Buche – Tanne in Fichtenreinbeständen der *Waldgruppe EB* der milden Laubwaldzone dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte (Lochhieb und Saumschlag) für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwaldcharakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein einschichtiger künstlich begründeter Fichtenreinbestand (Fichte 100 %) in der Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholzphase unterstellt, so wie er aktuell auf den Standorten der *Waldgruppe EB* vorkommen kann. Zur Begründung von Stiel-Eiche auf den Verjüngungsflächen wird Saat empfohlen, um eine vitale Entwicklung der artspezifischen Pfahlwurzel zu ermöglichen. Zu empfehlen ab Wasserhaushaltsstufe 4 (also auf frischen und sehr frischen Waldstandortseinheiten).

In Tab. 8.6 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Stiel-Eiche-Hainbuche - Spitz-Ahorn in einschichtigen und gleichaltrigen Buchenbeständen (mit eingesprengtem Spitz-Ahorn) der *Waldgruppe EB* der milden Laubwaldzone dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte (Lochhieb und Saumschlag) für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein einschichtiger Bestand (Buche 90 %, Spitz-Ahorn 10 %) in Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholzphase unterstellt. Beispielhaft könnte sich die Örtlichkeit der Waldbestände auf sonnseitigen und mäßig frischen Standorten befinden, wo Buche aufgrund von Trockenperioden bereits erste Probleme erfahren kann.

In Tab. 8.7 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Trauben-Eiche –Edelkastanie-Linde in einschichtigen und gleichaltrigen Fichten-Lärchen-Beständen der *Waldgruppe EB* der milden Laubwaldzone dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte für den schlagweisen Hochwald verfolgt (Lochhieb und Saumschlag) und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein einschichtiger Bestand (Fichte 70 %, Lärche 30 %) in Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholzphase unterstellt. Die passenden Standorte zur Umsetzung dieses klimafitten Mischungstyps sind tiefgründig und gut basenversorgt, um für Trauben-Eiche und Edelkastanie die zur Wertholzzucht geeigneten Grundlagen zu bieten (EB2rm, EB3r, EB3m, EB4r, EB5r, EB45m). Es ist hervorzuheben, dass mit Edelkastanie sowohl Wertholz als auch vermarktungsfähige Maroni zu erzielen sind.

Tabelle 8.5: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichtenreinbeständen in den klimafitten Mischungstyp Stiel-Eiche – Buche - Tanne.

EB – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **StEi-Bu-Ta**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **StEi-Bu-Ta**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten werden in den Reinbeständen gefördert; Überführung in Stiel-Eichen-, Buchen- und Tannen-Bestände – diese Baumarten werden auf Lochhiebsflächen gesät oder gepflanzt. **Ziel:** Stiel-Eiche 50 %, Buche 30 %, Tanne 20 %, U = 100-150 Jahre	Stabile Fichten werden in den Reinbeständen gefördert; Überführung in Stiel-Eichen-, Buchen- und Tannen-Bestände – diese Baumarten werden auf Saumschlagflächen gesät oder gepflanzt. **Ziel:** Stiel-Eiche 60 %, Buche 20 %, Tanne 20 %,, U = 100-150 Jahre
Jungwuchs	
Nutzung der Jungwuchsphase, um Baumarten des Bestockungsziels zu etablieren: Pflanzung Tanne, Buche und Saat von Stiel-Eiche in vorhandenen Lücken oder in zu schaffenden Lücken durch die Entnahme von Fichte aus der ehemaligen Pflanzung.	**Nutzung der Jungwuchsphase,** um Baumarten des Bestockungsziels zu etablieren: Pflanzung Tanne, Buche und Saat von Stiel-Eiche in vorhandenen Lücken oder in zu schaffenden Lücken, durch die Entnahme von Fichte aus der ehemaligen Pflanzung.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, wenn möglich zugunsten von vorhandenen Mischbaumarten der Zielbestockung, Förderung vitaler Fi.	**Belassen der Dickungsfläche**, eventuell Entfernung von weniger vitalen oder instabilen Fi.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fichten und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen, Entnahme besonders schlanker Fi) und können bei konsequenter Förderung der Z-Bäume die Umtriebszeit verkürzen.	**Entfernung von kranken oder instabilen Fichten und Stabilitätsförderung:** Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen, Entnahme besonders schlanker Fi) und können bei konsequenter Förderung der Z-Bäume die Umtriebszeit verkürzen.
Baumholz	
In hiebsreifen Baumhölzern Fi mittels **Lochhieben** nutzen (1,5-2 Baumlängen Durchmesser); auf entstandenen Freiflächen zuerst Bodenbearbeitung, dann Saat von StEi mittels Streifen- oder Plätzesaat; StEi soll sich mit 2-3 m Wuchshöhe etablieren und Wuchsvorsprung gegenüber den Mischbaumarten haben; alternativ auch Nesterpflanzung von Eiche (z.B. im Verband 5 x 8 m (= 250 Nester/ha); Pflanzung Ta, Bu unter Schirm gemäß Bestockungsziel; falls Naturverjüngung von Bu, Ta, diese integrieren; ausreichend Lichtgenuss für StEi sichern, Löcher daher bald erweitern. Je kleinflächiger Lochhiebe, desto intensivere Mischungsregulierung.	**Nutzung von hiebsreifem Fi-Baumholz durch Saumschläge** mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von Ta und Bu mittels Pflanzung am Innensaum und von StEi mittels Saat nach (ev. flächiger) Bodenbearbeitung am Außensaum; dabei ist der Außensaum entsprechend zeitlich vorzuziehen (ca. 2-3 Jahre), der Voranbau von Ta unter Schirm ist beim Fehlen von Samenbäumen möglich.

Tabelle 8.6: Anpassungsoptionen zur Überführung von Buchen- Spitz-Ahorn- Beständen in den klimafitten Mischungstyp Stiel-Eiche- Hainbuche- Spitz-Ahorn.

EB – Anpassungsoptionen für Buchen- Spitz-Ahorn- Bestände	
Überführung in **StEi-Hbu-SAh**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **StEi-Hbu-SAh**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Spitz-Ahorne werden in den Waldbeständen gefördert; Überführung in Stiel-Eichen- Hainbuchen- Spitz-Ahorn- Bestände mittels **Lochhieben**, Saat und Pflanzung. **Ziel:** Stiel-Eiche 60 %, Hainbuche 20 %, Spitz-Ahorn 20 %, U = 100-150 Jahre	Stabile Spitz-Ahorne werden in den Waldbeständen gefördert; Überführung in Stiel-Eichen- Hainbuchen- Spitz-Ahorn- Bestände mittels **Saumschlag**, Saat und Pflanzung. **Ziel:** Stiel-Eiche 80 %, Hainbuche 10 %, Spitz-Ahorn 10 %, U = 100-150 Jahre
Jungwuchs	
Nutzung der Jungwuchsphase, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Entnahme von Bu aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Hbu, Saat von StEi in vorhandenen oder noch zu schaffenden Lücken, Förderung von stabilem SAh im Jungwuchs. Protzen köpfen oder entfernen.	**Nutzung der Jungwuchsphase**, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Entfernung von vorhandener Bu aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Hbu, Saat von StEi in vorhandenen oder noch zu schaffenden Lücken, Förderung von stabilem SAh im Jungwuchs. Protzen köpfen oder entfernen.
Dickung	
Mischungsregulierung in der Dickungsfläche, konsequentes Fördern von Mischbaumarten, evtl. Entfernung von wenig vitalen oder instabilen Bu und SAh. Evtl. Formschnitt bei SAh.	**Mischungsregulierung in der Dickungsfläche**, konsequentes Fördern von Mischbaumarten, eventuell Entfernung von wenig vitalen oder instabilen Bu und SAh. Eventuell Formschnitt bei SAh.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Buchen und Spitz-Ahornen, sowie Stabilitätsförderung: Auslese-durchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders kleinkronigen schlanken Bu und SAh).	**Entfernung von kranken oder instabilen Buchen und Spitz-Ahornen, sowie Stabilitätsförderung:** Auslese-durchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders kleinkronigen, schlanken Bu und SAh).
Baumholz	
In hiebsreifen Baumhölzern Bu mittels **Lochhieben** (1,5-2 Baumlängen Durchmesser für StEi) nutzen, auf entstandenen Freiflächen erfolgt zuerst Saat von StEi; StEi soll sich mit 2-3 m Wuchshöhe etablieren können, danach erfolgt Pflanzung von Hbu (Sicherung von ausreichend Lichtgenuss für StEi); Das Pflanzen von StEi Heistern kann den Verjüngungserfolg erhöhen und den Verjüngungszeitraum verkürzen. SAh ist mittels Naturverjüngung an den Rändern der Löcher etablieren (u.U. zugunsten von StEi läutern).	**Nutzung von hiebsreifem Bu-SAh-Baumholz durch Saumschläge:** Saumschläge entgegen der Hauptwindrichtung mit 1-2 Baumlängen. Nach Schlagruhe Bodenbearbeitung und flächige Eichelsaat Nach 2-3 Jahren Vorsprung für StEi Förderung der Naturverjüngung von SAh oder Pflanzung, zusätzlich Pflanzung von Hainbuche. Achtung auf Erreichung des Bestockungszieles. Das Pflanzen von StEi Heistern könnte als Alternative den Verjüngungserfolg erhöhen und den Verjüngungszeitraum verkürzen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Bu-SAh-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit StEi, Hbu und SAh überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Als erster Schritt wird mittels Lochhieben in Buchengruppen die StEi durch Saat eingebracht. Die Etablierung der mäßig schattentoleranten Hbu erfolgt anfangs mit Pflanzung, SAh wird übernommen oder etabliert sich mittels Naturverjüngung. Die Mischung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Durch Einzelstamm-entnahmen können mittelfristig Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Für StEi werden weiter gruppenweise bis Lochhiebsförmige Verjüngungsverfahren notwendig sein, um ein Dauerwald-System für die Integration von Lichtbaumarten zu ermöglichen. Mittelfristig können sich alle Baumarten durch Naturverjüngung etablieren. Ein auf Einzelbäume orientiertes Dauerwaldkonzept kann mit Lichtbaumarten nicht umgesetzt werden. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 8.7: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichten-Lärchen-Beständen in den klimafitten Mischungstyp Trauben-Eiche- Edelkastanie- Linde.

<table>
<tr><th colspan="2">EB – Anpassungsoptionen für Fichten-Lärchen-Bestände</th></tr>
<tr><td>Überführung in TrEi-Eka-Li-Bestände durch
Lochhiebe</td><td>Überführung in TrEi-Eka-Li-Bestände durch
Saumschläge</td></tr>
<tr><td>Stabile Lärchen und Fichten werden gefördert; Überführung in Trauben-Eichen- Edelkastanien-Linden- Bestände mittels Lochhieben, Saat und Pflanzung.
Ziel: Trauben-Eiche 40 %, Edelkastanie 40 %,
Linde 20 %; U = 100-150 Jahre;
Edelkastanie kann früher genutzt werden.</td><td>Stabile Lärchen und Fichten werden gefördert; Überführung in Trauben-Eichen- Edelkastanien- Linden-Bestände mittels Saumschlag, Saat und Pflanzung.
Ziel: Trauben-Eiche 40 %, Edelkastanie 40 %, Linde 20 %; U = 100-150 Jahre
Edelkastanie kann früher genutzt werden.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Jungwuchs</td></tr>
<tr><td>Nutzung der Jungwuchsphase, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Gruppenweise Entnahme Fi, Lä aus Jungwuchs, Bodenbearbeitung und Saat von TrEi, Pflanzung Eka und Li auf vorhandenen Lücken oder geschaffenen Freiflächen.</td><td>Nutzung der Jungwuchsphase, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Entnahme Fi, Lä aus dem Jungwuchs, Saat von TrEi, Pflanzung Eka und Li auf vorhandenen Lücken oder geschaffenen Freiflächen. Achtung auf das Bestockungsziel.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dickung</td></tr>
<tr><td>Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, wenn möglich zugunsten von vorhandenen Mischbaumarten der Zielbestockung und zugunsten vitaler Fi und Lä. Zielbestockung ist damit nicht zu erreichen, jedoch eventuell die Präsenz von Mischbaumarten.</td><td>Belassen der Dickungsfläche, eventuell Entfernung von wenig vitalen oder instabilen Fi und Lä.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Stangenholz</td></tr>
<tr><td>Entfernung von kranken oder instabilen Fichten und Lärchen, sowie Stabilitätsförderung: Auslese-durchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä) und können bei konsequenter Förderung der Z-Bäume die Umtriebszeit verkürzen.</td><td>Entfernung von kranken oder instabilen Fichten und Lärchen sowie Stabilitätsförderung: Auslese-durchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und Lä) und können bei konsequenter Förderung der Z-Bäume die Umtriebszeit verkürzen.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Baumholz</td></tr>
<tr><td>In hiebsreifen Baumhölzern Fi und Lä mittels Lochhieben (1,5-2 Baumlängen Durchmesser) nutzen, auf entstandenen Freiflächen Bodenbearbeitung und Saat von TrEi und Pflanzung von Eka, je in Gruppen; TrEi, Eka sollen sich mit 2-3 m Wuchshöhe etablieren, danach erst Pflanzung von Li gemäß Bestockungsziel (Sicherung von ausreichend Lichtgenuss für TrEi und Eka); evtl. Naturverjüngung von Zielbaumarten integrieren. Löcher bald erweitern; je kleinflächiger Lochhiebe, desto intensivere Mischungsregulierung.</td><td>Nutzung von hiebsreifem Fi und Lä-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, auf Saumschlagflächen Etablierung von TrEi mittels Bodenbearbeitung und Saat, Eka mittels Pflanzung; TrEi, Eka sollen sich mit 2-3 m Wuchshöhe etablieren können, danach Pflanzung von Li gemäß Bestockungsziel (Sicherung von ausreichend Lichtgenuss für TrEi und Eka). Etwaige Naturverjüngung der Zielbaumarten unter Beachtung des Bestockungsziels integrieren.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dauerwald-Konzept</td></tr>
<tr><td colspan="2">Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fichten-Lärchen-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit TrEi, Eka und Li überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch verschieden große Lochhiebe und Etablierung der Zielbaumarten mittels Saat und Pflanzung können die Waldbestände in Richtung Dauerwald-Strukturen entwickelt werden. Für die Lichtbaumarten TrEi und Eka werden weiter gruppenweise bis Lochhiebsförmige Verjüngungsverfahren notwendig sein, um ein Dauerwald-System für die Integration von Lichtbaumarten zu ermöglichen. Zeitraum > 100 Jahre.</td></tr>
</table>

Unterhangstandorte: Baumarten und Waldbautechnik

Die Integration der Ahorn-Arten in die Bestockung von Unterhangstandorten in größeren Gräben und Talschaften der *Waldgruppe EB* ist sinnvoll, da jene stabilisierend wirken und sehr gute Wüchsigkeiten erzielen. Nadelbaumreinbestände sind zwar zu vermeiden, jedoch ist eine Beimischung von Tanne bis rund 30-40 % Gesamtanteil möglich, die zu erwartenden Zuwächse sind speziell auf basenreichen Substraten sehr groß.

Kahlschläge können zu flächendeckendem Aufkommen der Hasel führen, welche in solchen Situationen die Verjüngung der anderen Baumarten vereitelt. Daher sind auf diesen Unterhangstandorten kleinflächige Verjüngungsverfahren empfohlen (kleinflächige Lochhiebe, Femelhiebe oder Saumhiebe), um die Verjüngungsentwicklung der erwünschten Baumarten zu ermöglichen und eine Dominanz der Hasel zu vermeiden (Kirchmeir et al. 2000).

Erkennung

Die angesprochenen Unterhangstandorte sind in der *Waldgruppe EB* am relativ starken Auftreten der Hasel in der Strauchschicht und an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Darüber hinaus verjüngen sich die Ahorn-Arten und Esche vital und zahlreich.

Eichen-Wertträger

Bei der Produktion von qualitativem Eichenholz ist zu beachten, dass die soziale Stellung der angehenden Wertträger herrschend oder vorherrschend sein soll und diese eine gut geformte, gleichmäßige und vitale Krone aufweisen. Die Wertträger sollten eine fehlerfreie, gerade und kreisförmige Schaftform haben, feinastig sein und keine Tendenz zu Grobästen erkennen lassen. Eichen mit Drehwuchs, Stammwunden oder starken Wasserreiseransätzen sind keine Wertträger. Die zukünftigen Wertträger von Eiche, welche maßgeblich für die Wertleistung der Bestände verantwortlich sind, sollten vermehrt aus generativer Vermehrung stammen, die vegetative Vermehrung stellt immer die zweite Wahl dar. Sie bietet sich nur bei einer unzureichenden Anzahl an Eichen-Wertträgern an. Darüber hinaus ist auch wichtig, dass Stockausschläge aus vegetativer Vermehrung nur aus der ersten Generation an Stöcken verwendet werden sollten, da mit zunehmenden Stockgenerationen die Wuchskraft nachlässt.

8.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe EB* sind in der Steiermark regional auch Schutzwaldanteile gegeben. Voraussetzung dafür sind zumeist sehr steile und felsige Taleinhänge, dort ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe EB* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Baumarten gemeinsam vorhanden sind. Als besonders bedeutsame Baumarten für eine effiziente Schutzwirkung sind Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Tanne, Buche und die Ahornarten hervorzuheben. Dabei ist die durch den Klimawandel bedingte Steigerung der Bedeutung von Eichenarten zu beachten und diese daher in den Waldbeständen der heutigen *Waldgruppe EB* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern.

Es ist zu beachten, für waldökologisch tragfähige Schalen- und Schwarzwildbestände zu sorgen, um die erfolgreiche Verjüngung und Entwicklung aller erwünschten Baumarten und somit die Schutzwaldfunktionen nachhaltig sicherstellen zu können. Besonders die Eichenarten sind aktuell durch Wildverbiss und Samenfraß in ihrer Entwicklung gehemmt bzw. können nicht in das Dickungsstadium einwachsen.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil (Thomasius 1996; Frehner et al. 2005). Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Widerstandskraft und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe EB* effizient umsetzbar, weil die Baumartenvielfalt sehr groß ist. Bereits 1831 hat Zötl erkannt, dass die „Ungleichheit an Alter und Größe“ Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist. Auf möglichst langkronige, abholzige Waldränder ist ebenfalls zu achten (auch Frehner et al. 2005; Frehner 2001).

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher laufend Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), was einen dauerwaldartigen Bestandesaufbau ermöglicht. Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren sind dabei Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern von Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Buche, Tanne und Hainbuche von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind die Ahorn-Arten (Berg-Ahorn und Spitz-Ahorn), Vogel-Kirsche, Eibe und die weiteren (auch eher seltenen) Baumarten der *Waldgruppe EB* (u.a. Mehlbeere, Elsbeere, Speierling, Schwarz-Kiefer, Stechpalme, Hopfenbuche, Blumen-Esche).

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppe EB* möglichst geschlossen und strukturreich zu halten. Bei Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind Bestandeslücken daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden. Tiefwurzelnde Baumarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche, Tanne) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden. Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration der Erosion entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während manche Baumarten nach Verletzungen anfällig für Fäule sind, sind die Eichenarten, Tanne, Edelkastanie und Berg-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch weitere Laubbaumarten der *Waldgruppe EB* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Buche, Mehlbeere). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner et al. 2005). In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe, liegende Stämme, etc. rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit es nur zum Bremsen und nicht dazu kommt, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus abgelagerte Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es also besser darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern (Eichen, Buche) und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016). Niederwaldartige Nutzungen können in laubbaumdominierten Beständen der *Waldgruppe EB* eine Alternative zur Erhaltung der Steinschlagwirkung sein.

9. EH – Eichen-Hainbuchenwald-Standorte

in der sehr milden Laubwaldzone und der milden Laubwaldzone

Tabelle 9.1: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EH* – Eichen-Hainbuchenwald-Standorte in der sehr milden bis milden Laubwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
EH56c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	sehr frisch bis feucht	37 ha / 0,03 %
EH34g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	mäßig frisch bis frisch	4.097 ha / 3,4 %
EH5grm	basengesättigt bis basenhaltig	feinerdereiche Karbonatgesteine bis intermediäre Silikatgesteine	sehr frisch	2.240 ha / 1,9 %
EH6grm	basengesättigt-basenhaltig	feinerdereiche Karbonatgesteine bis intermediäre Silikatgesteine	feucht	12.648 ha / 10,6 %
EH34r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	mäßig frisch bis frisch	52.347 ha / 43,8 %
EH2rm	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken	8.175 ha / 6,9 %
EH34m	mäßig basenhaltig	intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch bis frisch	39.849 ha / 33,4 %

Charakteristika

Verbreitung Die Waldgruppe der Eichen-Hainbuchenwald-Standorte (EH) kommt auf 119.367 ha (11,0 % der Waldfläche) in der **sehr milden und milden Laubwaldzone** der Steiermark vor. Sie tritt im Ost- und Weststeirischen Hügelland und im Grazer Becken auf. Die Waldvegetationszone korrespondiert mit der klassisch definierten collinen Höhenstufe.

Baumartenspektrum Trauben-Eiche, Stiel-Eiche, Zerr-Eiche, Hainbuche, Edelkastanie, Buche, Tanne, Lärche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Flatter-Ulme, Vogel-Kirsche, Schwarz-Erle, Sommer-Linde, Winter-Linde, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Walnuss, Eibe, Fichte, Birke, Mehlbeere, Vogelbeere, Elsbeere, Speierling, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Stechpalme, Hopfenbuche, Blumen-Esche

Gastbaumarten Douglasie, Rot-Eiche, Libanon-Zeder

Strukturen	Sehr unterschiedliche Waldstrukturen; aktuell hoher Anteil an Buchen-dominierten Beständen mit Tendenz zu einschichtigen Hallenbeständen; Stiel-Eiche und Trauben-Eiche beigemischt; seltener sind von Eiche dominierte Waldbestände; auch finden sich Fichtenreinbestände und Fichten-Lärchen-Bestände, sowie Rot-Kiefernreinbestände.

9.1 Standorte heute



Abbildung 9.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe EH* in der *sehr milden und milden Laubwaldzone* der Steiermark. Daten-Basis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EH – Eichen-Hainbuchenwald-Standorte* kommen in den temperierten Hügellagen der Steiermark vor (Abb. 9.1), und korrespondieren vor allem mit der *sehr milden Laubwaldzone,* teilweise auch mit der *milden Laubwaldzone*. Diese erstreckt sich im Kernbereich etwa zwischen 300 m und 500 m Seehöhe (Abb. 9.5). Die *Waldgruppe EH* ist in der Steiermark flächenmäßig relativ weit verbreitet und nimmt aktuell 119.367 ha ein (11,0 % der Waldfläche in der Steiermark). Sie ist die häufigste Waldgruppe im Ost- und Weststeirischen Hügelland und ist auch im Grazer Becken die prägende Waldgruppe.

Die Baumartenvielfalt der *Waldgruppe EH* ist groß. Es gedeihen vor allem Buche, Trauben-Eiche, Stiel-Eiche und Hainbuche. Darüber hinaus sind Edelkastanie, Zerr-Eiche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Flatter-Ulme, Walnuss, Vogel-Kirsche, Sommer-Linde, Winter-Linde, Schwarz-Erle, Tanne, Lärche, Fichte, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Eibe, Birke, Mehlbeere,

Elsbeere, Speierling, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Vogelbeere, Hopfenbuche, Manna-Esche und Stechpalme hervorzuheben.

Die sehr milde bis milde Laubwaldzone ist eine Waldvegetationszone, welche auch die Verwendung von diversen Gastbaumarten wie Douglasie, Rot-Eiche und Libanon-Zeder erlaubt.

Aktuell treten die Eichenarten vor allem beigemischt auf, denn die Buche ist in den Waldbeständen zumeist dominant. Von Stiel-Eiche dominierte Waldbestände sind vor allem auf staunassen und zumeist sehr frischen bis feuchten Pseudogleystandorten zu finden (Sonderwald-Standorte). Reine Nadelbaumbestände (Fichte, Rot-Kiefer und Mischungen von Fichte und Lärche) treten aufgrund der historisch bedingten Präferenzen bei der Bewirtschaftung ebenfalls noch auf.

Unterhang-Standorte der Talschaften in der *Waldgruppe EH*

Auf Unterhangstandorten in den größeren Gräben und Talschaften herrschen innerhalb der *Waldgruppe EH* spezifische Standortsbedingungen, welche das Wachstum der Baumarten Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn und Esche begünstigen. Dies sind klassische Ahorn-Eschen-Waldstandorte. Durch die Akkumulation von Mineralboden- und Humusstoffen kommt es zu einer Anreicherung von Basen und Nährstoffen, also zu klassischen „Gewinnlagen“ im standortskundlichen Sinn. Diese Standorte können in den Karten nicht räumlich explizit dargestellt werden, sie sind lokal am relativ starken Auftreten der Hasel in der Strauchschicht und an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Darüber hinaus verjüngen sich die Ahornarten und Esche vital und zahlreich. Die Höhenerstreckung dieser Standorte liegt zwischen
50 m und 200 m an den Unterhängen.

Stark pseudovergleyte Sonderwald-Standorte und Auwald-Standorte

Grundsätzlich sind die stark pseudovergleyten Sonderwald-Standorte (Kategorie „P“) auf den Flächen der *Waldgruppe EH* flächig bedeutsam ausgebildet. Die Standortseinheit EH34m beispielsweise umfasst manchmal stark pseudovergleyte Standorte im Hügelland (vgl. die Ausführungen zu den Sonderwaldstandorten der Kategorie „P“). Die Waldstandortseinheiten EH5grm und EH6grm können sowohl Auwald-Standorte (Kategorie „A“) oder stark pseudovergleyte Standorte (Kategorie „P“) umfassen. Es können Auwald-Standorte auch großflächig verbreitet auftreten (vgl. die Ausführungen zu den Sonderwaldstandorten der Kategorie „A“), daher ist es zu empfehlen, für Flächen der *Waldgruppe EH* zusätzlich die Karte der Sonderwald-Standorte einzusehen, um eine eindeutige standörtliche Zuordnung zu ermöglichen.

Relief: Es sind in der *Waldgruppe EH* der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei Oberhänge, Kuppenstandorte, Mittelhanglagen und Unterhanglagen aufgrund der Hügellandschaft prägend sind. Im West- und Oststeirischen Hügelland und im Grazer Becken sind die Landschaftselemente sanft ausgeprägt. Die Schutzwald-Funktion der Waldbestände der *Waldgruppe EH* ist überall dort, wo Steillagen mit hohen Felsanteilen ausgebildet sind, von zentraler Bedeutung. Dabei ist hervorzuheben, dass in der *Waldgruppe EH* nur selten und kleinflächig Schutzwaldanteile gegeben sind.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der sehr milden und milden Laubwaldzone der *Waldgruppe EH* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 9,7°C. Dabei schwankt die Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten nur wenig, in EH2rm ist sie mit 9,8°C am höchsten, in EH56c ist sie mit 9°C am geringsten (Abb. 9.2). Die hohe Wärmeversorgung bedingt, dass in der Waldgruppe aktuell eine sehr große Baumartenvielfalt ausgebildet ist.

Der **Jahresniederschlag** in der milden Laubwaldzone der *Waldgruppe EH* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 839 mm. Die Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone ist aufgrund der Lage im steirischen Hügelland und im Grazer Becken eher im niedrigen Bereich angesiedelt. Dabei schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten weniger stark als in anderen Waldgruppen, in EH34g ist der Wert mit 985 mm am höchsten, in EH2rm ist der Wert mit 780 mm am geringsten (Abb 9.2). Grundsätzlich variiert der Jahresniederschlag gemäß den Regionen der Steiermark.

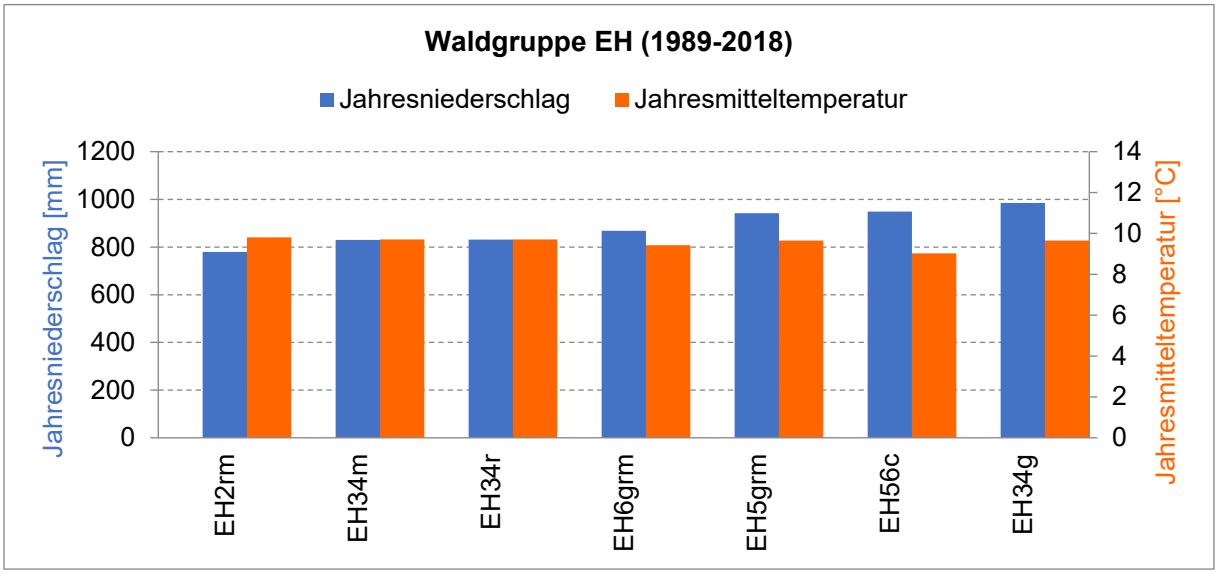


Abbildung 9.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EH* für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. In der *Waldgruppe EH* sind die Wasserhaushaltsstufen „mäßig trocken“ bis „feucht“ definiert, am weitesten verbreitet ist die Stufe „mäßig frisch bis frisch“ (EH34r). Stiel-Eiche und Hainbuche können feuchte Standorte gut erschließen, daher sind sie in der *Waldgruppe EH* derart prominent vertreten (EH6grm).

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab. Auf extrem sauren Grundgesteinen kann sich Hainbuche nicht etablieren und fehlt daher dort. Daher wurde in der sehr milden und milden Laubwaldzone auf den basenarmen Substraten (Basenklassen „u“ und „e“) eine

andere Waldgruppe, nämlich die *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte [Rot-Kiefer]) ausgeschieden. Stiel-Eiche und Trauben-Eiche haben keine Präferenzen bezüglich Basengehalt der Standorte. Allerdings werden von diesen beiden Baumarten feinerdereiche und tiefgründige Böden bevorzugt. Alle Baumarten der *Waldgruppe EH* können die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen.

Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EH* angezeigt. Die nährstoffreichste Standortseinheit ist durch basenreiche Substrate mit einer guten Wasserversorgung bedingt (EH34r). Am wenigsten Nährstoffe zeigen Standorte mit dem nährstoffarmen Bodentyp Rendzina, welche aber eine sehr gute Wasserversorgung aufweisen (EH56c, sehr frisch bis feucht). Die Standortsunterschiede bezüglich der Nährstoff- und Wasserversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 9.3).

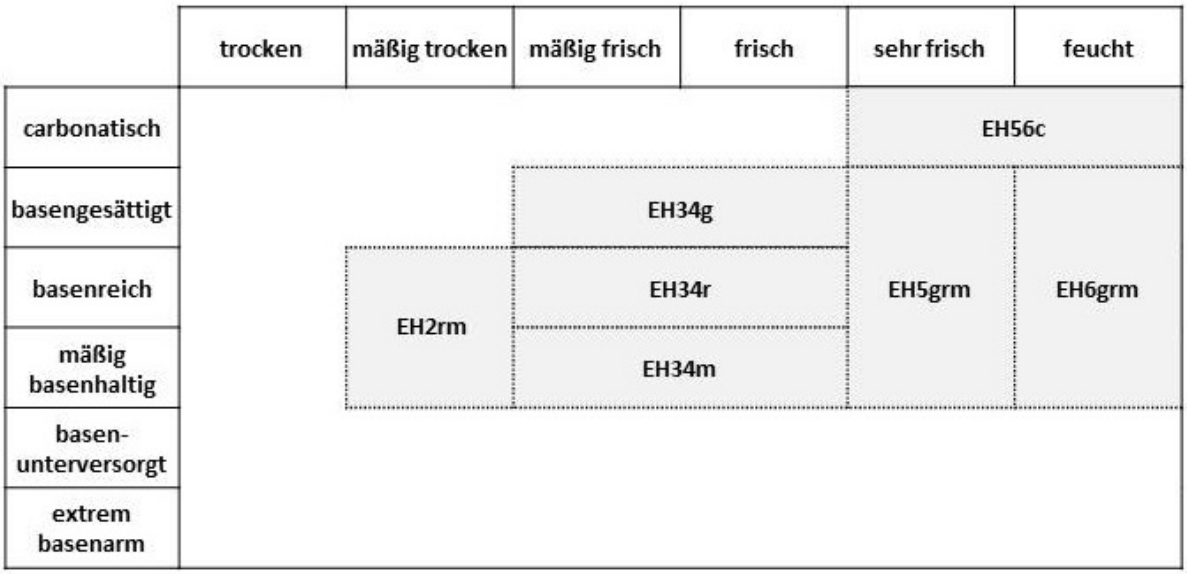


Abbildung 9.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EH* – Eichen-Hainbuchenwald-Standorte.

9.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einem annähernden Gleichbleiben der mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandelszenarien, Abb. 9.6 und 9.7) zu einer Verschiebung der Vorkommen der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EH* in höhere Lagen der Hügellandschaften und Gebirge in der Steiermark (Abb. 9.5). Die Eichenarten zeigen die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft auf den Lokalitäten der heutigen *Waldgruppe EH* an Bedeutung gewinnen werden, beziehungsweise werden neue Eichenarten wie etwa die Zerr-Eiche, Flaum-Eiche oder die Balkan-Eiche (*Quercus frainetto*, besser bekannt als Ungarische Eiche) Standortstauglichkeit erlangen. Die *Waldgruppe EH* wird somit in weiten Bereichen in die *Waldgruppe EHb* (*Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte – sehr warme bis mäßig warme Laubwaldzone*) oder die *Waldgruppe EIm* (Eichenwald-Standorte, submediterran [Flaum-Eiche] – *sehr warme bis milde Laubwaldzone)* verändert werden. Die gesteigerte Bedeutung der Eichen (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) und die Einwanderung der oben genannten neuen Eichenarten auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EH* kann waldbaulich unterstützt werden. Durch die hohe Konkurrenzkraft der Hainbuche und der Buche müssen – auch wenn die Eichenarten in der Zukunft eine immer bessere Standortstauglichkeit aufweisen - sie durch waldbauliche Maßnahmen gefördert werden (u.a. Mischungsregelung, Auslesedurchforstung, Kronenfreistellung), um sich bestandesbildend zu etablieren. Aktuell dominiert die Buche auch auf vielen Standorten der *Waldgruppe EH*.

Es ist zu betonen, dass die meisten Baumarten in der *Waldgruppe EH* in der Klimazukunft ihre Standortstauglichkeit bewahren werden, allerdings wird die Baumarten-Eignungszahl einiger Baumarten in der Klimazukunft deutlich absinken, sodass sie in der Waldgruppe nicht mehr vorkommen werden oder ihre Bedeutung abnehmen wird. Fichte sollte auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EH* definitiv nicht mehr begründet werden, der Grund dafür ist das mit dem prognostizierten Temperaturanstieg einhergehende sehr hohe Risiko für Borkenkäferbefall und vor allem auch für Trockenschäden (z.B. Jönsson et al. 2017). Darüber hinaus wird die Standortstauglichkeit von Buche vor allem auf mäßig trockenen und mäßig frischen und sonnexponierten Standorten mit wenig Wasserspeicherkapazität abnehmen. Die Tauglichkeit der Eichenarten (Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Zerr-Eiche, Flaum-Eiche und eventuell Balkan-Eiche) und anderer trockenheitsresistenter Baumarten wird ansteigen, weshalb sie auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EH* an Bedeutung gewinnen werden.

Als Alternative bieten sich eine Vielzahl von klimafitten Mischungstypen an, welche bedingt durch die hohe Baumartenvielfalt in dieser Waldvegetationszone, eine große waldbauliche Freiheit bei der Waldbehandlung und Baumartenwahl ermöglicht.



Abbildung 9.4: Verbreitung der *Waldgruppe EH* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

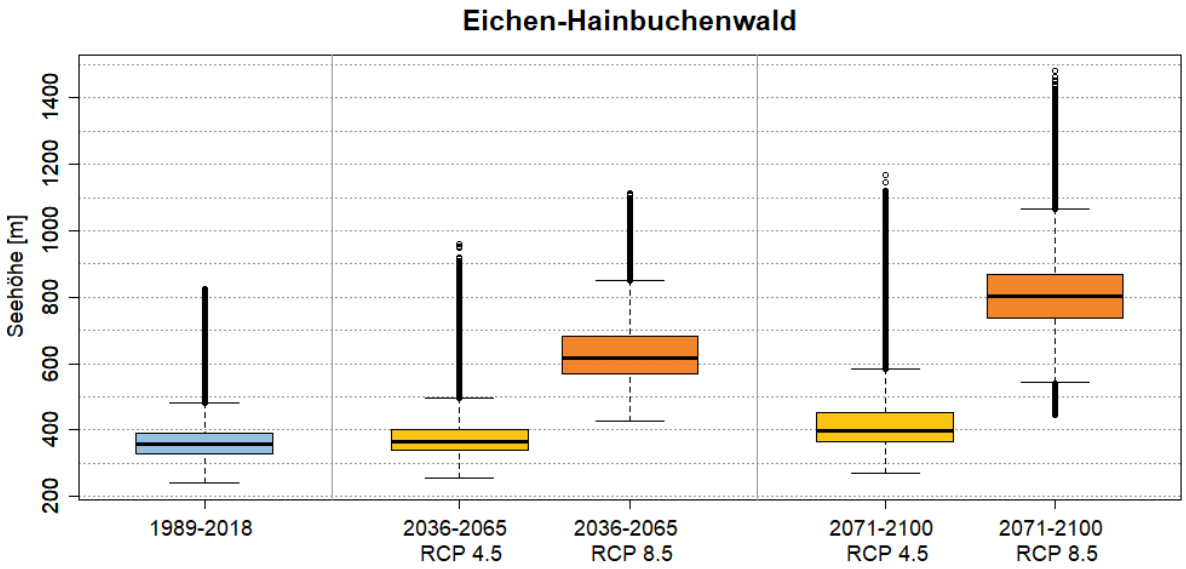


Abbildung 9.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe EH* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

Der Anstieg der Jahresmitteltemperatur wird zwischen dem aktuell-historischen Zeitraum bis ins Jahr 2085 laut den unterstellten Klimaszenarien deutlich sein, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 9.2).

Tabelle 9.2: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in der *Waldgruppe EH*.

Zeitlinie	**1989 - 2018**	**2085 (RCP 4.5)**	**2085 (RCP 8.5)**
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,7 °C	11,3 °C	13,2 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	839 mm	894 mm	861 mm

EH2rm würde die höchste Jahresmitteltemperatur aufweisen (11,4°C bzw. 13,3°C) und EH56c die geringste (10,8°C bzw. 12,5°C). Der Jahresniederschlag würde in EH34g am größten (1.040 mm bzw. 1.006 mm) und in EH2rm am kleinsten sein (831 mm bzw. 809 mm) (Abb. 9.6, 9.7).

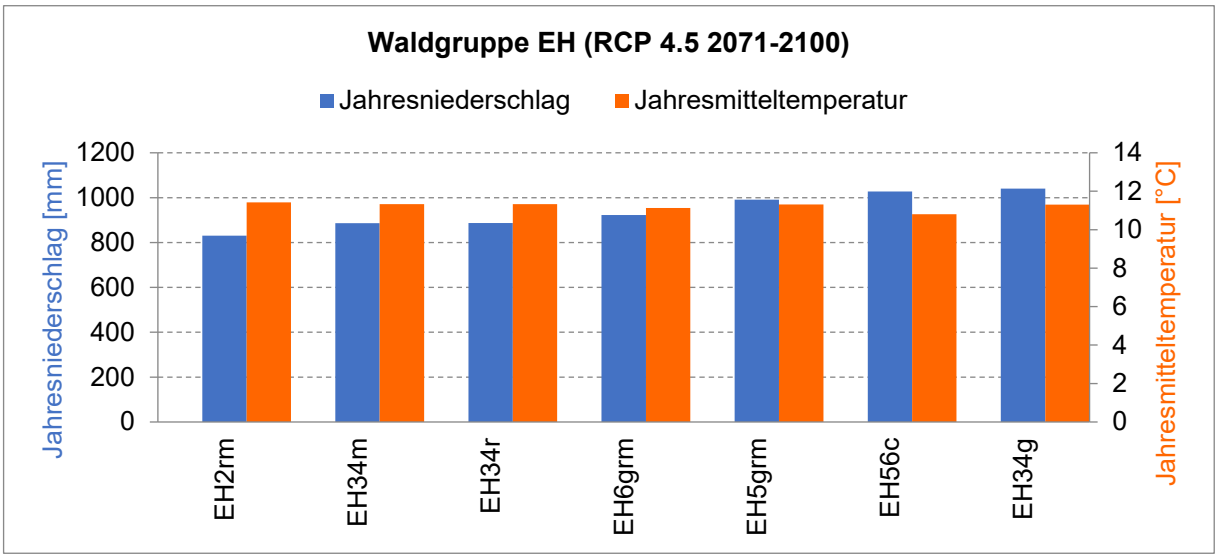


Abbildung 9.6: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EH* für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 4.5 für die Steiermark.

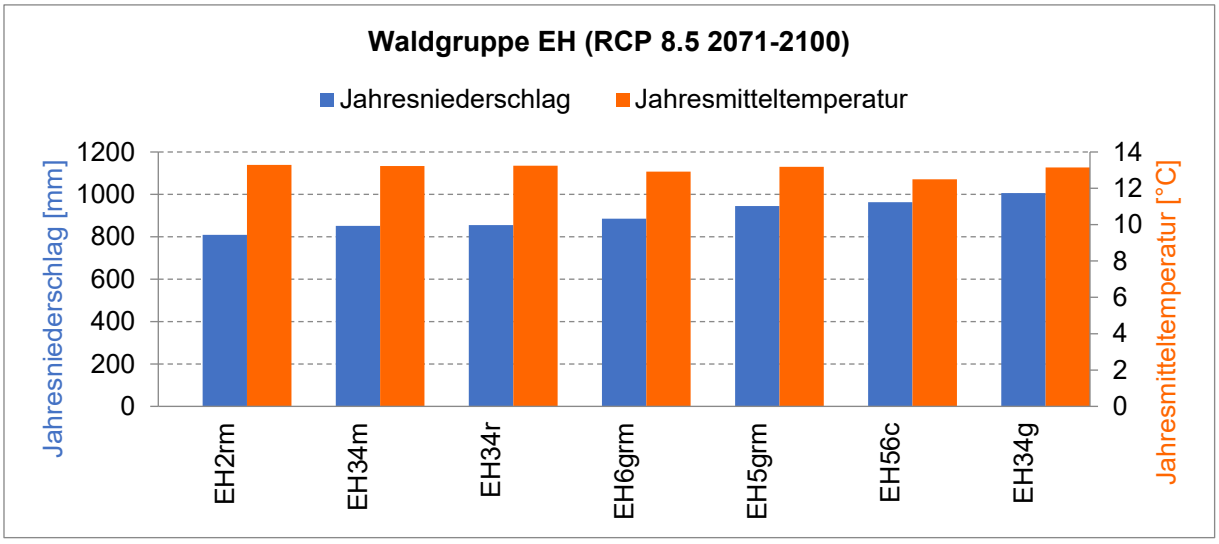


Abbildung 9.7: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EH* für den Zeitraum 2071-2100 für das Szenario RCP 8.5 für die Steiermark.

9.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf den mäßig trockenen und mäßig frischen Standorten (EH2rm, EH34g, EH34r, EH34m) kann Vergrasung als Folge von großen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf sehr frischen bis feuchten und nährstoffreichen Standorten (EH5grm, EH6grm, EH56c) können wiederum Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Saure Standorte (Basenklasse „u“ und „e“) sind in der *Waldgruppe EH* nicht präsent, weshalb Bodenversauerung kein limitierender Faktor ist. Trotzdem können Standorte durch großflächige Kahlschläge oder intensive Biomasse-Nutzung degradiert werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoff-Auswaschung, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens darstellen (Scherzinger 1996). Das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde stellt einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe EH* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt (Moos et al 2016), was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden. Möglichst wurzelintensive Baumarten sind zur Bodenstabilisierung zu bevorzugen, wie alle Eichenarten, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Tanne und Rot-Kiefer (Thomasius 1996). Grundsätzlich sind derartige Steillagen in der *Waldgruppe EH* aber selten.

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den flächenmäßig sehr gering verbreiteten Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (EH56c). Dort könnten Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen dazu führen, dass organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Zur Erhaltung der Standortsgüte ist auf diesen Standorten eine besonders sorgsame waldbauliche Planung notwendig.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe EH* aktuell sehr selten, können aber durchaus auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische Schneefall-Ereignisse im Winter, wodurch Wipfelbruch bei Fichte und Rot-Kiefer auftrat. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichten-Stangenhölzer (in EH aktuell relativ selten) und Rot-Kiefern - Stangenhölzer, da der schwere Schnee auf dem einschichtigen Kronendach abgelagert wird (z.B. Kalberer 2007). Grundsätzlich zählen die Laubbaumarten und somit auch Buche und die Eichenarten, zu den besonders schneebruch-resistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten in der *Waldgruppe EH* hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann beispielsweise Buchenkronen erheblich schädigen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe EH* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäule-Bildung, bei Buche Rotkern-Bildung und Weißfäule). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten

daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe EH* selten auf, dennoch ist die Steinschlag-Gefahr auf den betreffenden Standorten zu beachten.

<u>Waldbrand</u>: In der *Waldgruppe EH* ist auf sonnseitigen und mäßig trockenen Standorten (EH2rm) besondere Waldbrandgefahr gegeben, vorallem wenn dort aktuell Nadelbaumreinbestände stocken. Daher werden vor allem auf den sonnseitigen Standorten der Waldgruppe während Trockenperioden äußerste Achtsamkeit und Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um etwaige Brandentwicklungen zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände aber auch schattseitig und auf sehr frischen Standorten auftreten. Vorkehrungsmaßnahmen sind während solcher Perioden in der *Waldgruppe EH* grundsätzlich flächendeckend zu treffen. Laubbaumbestände sind zwar im Allgemeinen weniger gefährdet, dennoch ist in dieser Waldvegetationszone aufgrund der hohen Temperaturen besondere Vorsicht geboten.

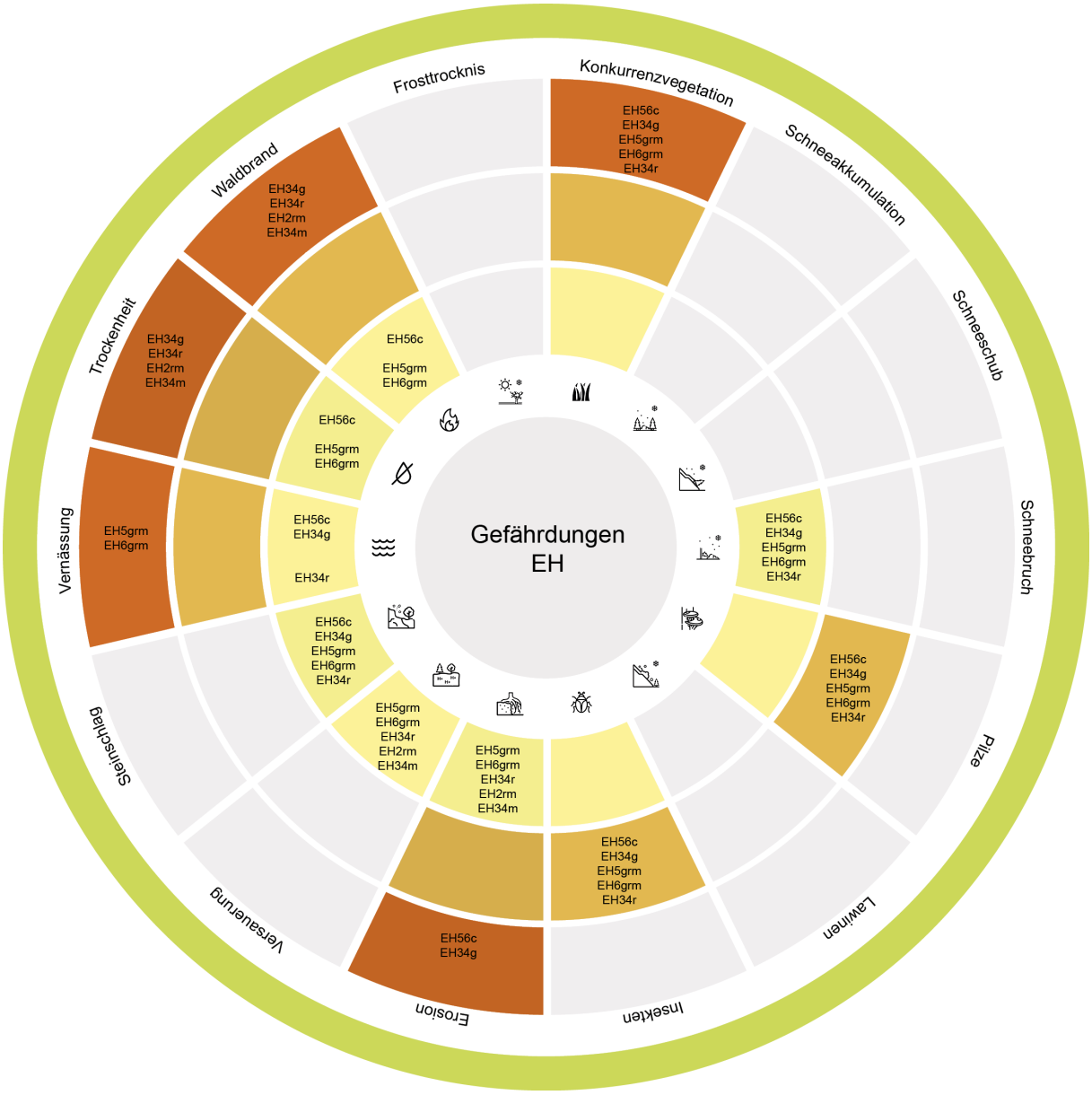


Abbildung 9.8: Gefährdungen für Waldbestände auf den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EH* in der sehr milden und milden Laubwaldzone.

Trockenheit: In großen Bestandeslücken führt direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung. Buche leidet stark unter Trockenheit: Rindenbrand, Rindenrisse und das „Peitschensyndrom“ (Einziehen der Krone) treten auf. In der *Waldgruppe EH* sind das Auftreten von Trockenstress und mögliche Trockenschäden an den Waldbeständen besonders auf den mäßig trockenen und mäßig frischen sonnseitigen Standorten gegeben (EH2rm, EH34g, EH34m, EH34r). Am stärksten anfällig dafür sind aktuell stockende Fichtenreinbestände, aber auch Buche reagiert darauf empfindlich. Die Eichenarten können aufgrund ihres tiefreichenden Wurzelsystems Trockenperioden relativ gut überdauern. Sehr lange andauernde Trockenperioden führen allerdings auf allen Standorten dieser Waldgruppe und für alle Baumarten zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016).

Insekten: Die sehr milde und milde Laubwaldzone birgt aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine erhöhte Gefahr für Borkenkäfer-Kalamitäten. Aktuell sind von **Fichte** dominierte Bestände in der *Waldgruppe EH* durch Borkenkäfer gefährdet (z.B. Buchdrucker, Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoring-Maßnahmen für die mögliche Entwicklung von Borkenkäfer-Kalamitäten sind in der *Waldgruppe EH* auf allen Standorten mit Fichten-Bestockung empfohlen.

Die **Buche** ist aktuell vor allem durch den zweifärbigen Buchen-Borkenkäfer (*Bostrichus bicolor*), den Buchen-Prachtkäfer (*Agrilus viridis*) und die Buchen-Wolllaus (sowohl *Cryptococcus fagisuga* als auch *Phyllaphis fagi*) gefährdet. Für Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer sind insbesondere freigestellte Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden anfällig, die bereits durch Sonnenbrand vorgeschädigt waren (Brück-Dyckhoff et al 2019).

Die **Eichenarten** werden durch den Eichen-Prozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) immer wieder geschädigt. Darüber hinaus sind auch häufige Gradationen blattfressender Schmetterlingsraupen wie Eichenwickler (*Tortrix viridana*), Frostspanner (*Operophtera brumata*) und Schwammspinner (*Lymantria dispar*) als Gefährdung zu sehen, vor allem für Eiche in der Jungwuchs- bis Dickungsphase. Der Zweifleckige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) gilt zwar als Folgeschädling, kann aber als solcher auch bedeutsam werden, insbesondere in Verbindung mit dem Vorkommen bestimmter schädigender Bakterien, deren Wirken in Großbritannien als „Acute Oak Decline“ zusammengefasst wird. Hierzulande als „Akutes Eichensterben“ bezeichnet, wurden die Bakterien inzwischen auch nachgewiesen.

Für **Tanne** sind aktuell Gefahren bezüglich Schädlingsbefall vor allem im Hinblick auf die Tannentrieblaus gegeben. Während die Weiß-Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weiß-Tannentrieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeschleppten Arten, die Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia merkeri*) als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999). In der sehr milden und milden Laubwaldzone der *Waldgruppe EH* besteht für den Befall mit Tannentrieblaus ein relativ hohes Risiko.

Pilzerkrankungen: Die **Eichenarten** sind in der Jungwuchsphase durch die Eichen-Wurzelfäule-Erreger (beispielsweise *Cylindrocarpon destructans*) gefährdet. Die Wurzeln der Eichen können auch durch Pilze der Gattung *Phytophthora* geschädigt werden. Verbreitet ist der blattschädigende Eichen-Mehltau (*Erysiphe alphitoides*), welcher zumeist als Folge von Trockenperioden insbesondere an

Johannistrieben zu verfrühter Blattwelke führen kann. Der Eichen-Mehltau befällt die heimischen Eichenarten, verschont aber weitgehend die nordamerikanische Rot-Eiche.

Wurzelfäule-Erreger an **Buche** sind Riesenporling (*Meripilus giganteus*) und Hallimasch (*Armillaria mellea*). Buchenkrebs (*Nectria galligena*), Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) und die Krautfäule-Erreger (z.B. die Buchenkeimlingskrankheiten *Phytophtora cactorum* und *Pythium spp.*) können ebenfalls lokal zu einem Problem werden (Ebner und Scherer 2001; Altenkirch et al. 2002).

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchen-Nadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall absterben.

Die **Esche** ist in Österreich seit dem Jahr 2005 stark vom Eschen-Triebsterben betroffen, welches in einigen Talschaften der Steiermark nahezu alle Eschen geschädigt oder zum Absterben gebracht hat. Die Befallsintensität ist in der Steiermark regional sehr unterschiedlich. Vor allem auf den Unterhang-Standorten, wo Esche gemeinsam mit den Ahornarten große Bedeutung hat, ist die vom Eschen-Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöste Pilzerkrankung regional dramatisch für eine erfolgreiche Umsetzung forstlicher Vorhaben.

Ein zu beachtendes Risiko für die **Edelkastanie** ist der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica* oder synonym *Endothia parasitica*) und verschiedene Fäuleerreger (etwa *Phytophthora* spp.) (Conedera et al. 2021). Edelkastanie ist in der *Waldgruppe EH* eine weit verbreitete Baumart.

In der Abb. 9.8 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EH* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

9.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

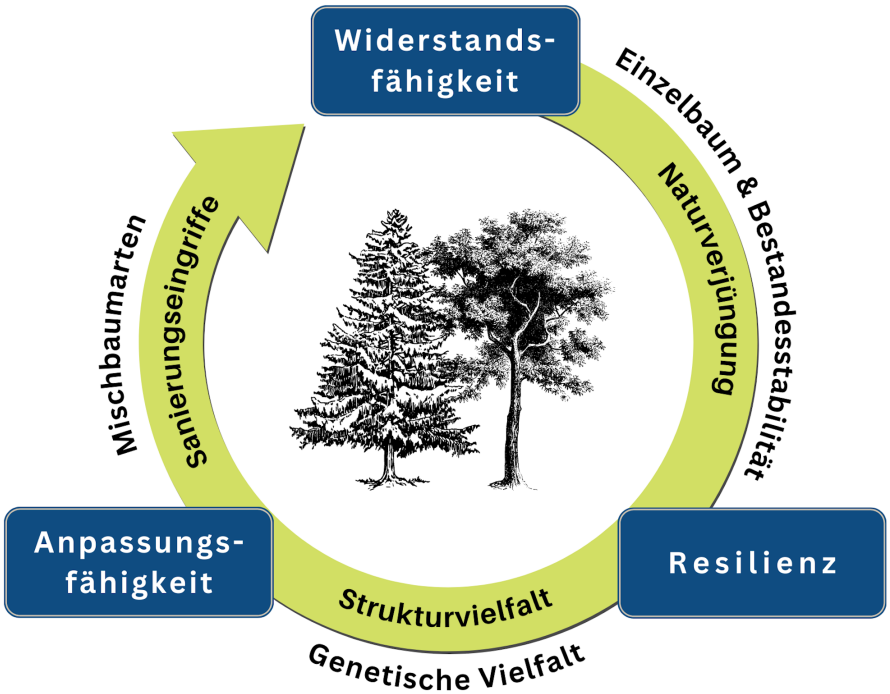
Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lässt steigende Risiken für die Waldbestände und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 9.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe EH* gegen Auswirkungen des Klimawandels soll durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Resilienz ist die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe EH*, nach Störungen wieder zu erwünschten Zuständen zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe EH* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe EH* in der *sehr milden* bis *milden Laubwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der großen Baumartenvielfalt grundsätzlich sehr gut gegeben (Abb. 9.9). Vom Begründen von Fichtenreinbeständen innerhalb der *Waldgruppe EH* ist aufgrund des Klimawandels dringend abzuraten. Als Alternative dazu bieten sich eine Vielzahl von Mischungstypen an, wobei in allen Fällen die Ausgangslage zu beachten ist. Aktuell von Buche dominierte Laubwaldbestände mit Eiche sind anders zu beurteilen, als von Eichen dominierte Waldbestände, Tannen-Buchen-Waldbestände oder Rot-Kiefer- Buchen-, Fichten-Lärchen- oder Fichten-Bestände. Die waldbaulichen Maßnahmen zur Behandlung der Wälder müssen ausgehend von der aktuellen Bestockung entwickelt werden.



Abbbildung 9.9: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

9.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden ist, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Dabei ist die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen zentraler Aspekt der Resilienz und Widerstandsfähigkeit. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppe EH* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz zu verbessern.

Stiel-Eiche und Trauben-Eiche vermögen die Substrate der *Waldgruppe EH* effizient aufzuschließen und sind oft in der Krautschicht präsent. Für eine erfolgreiche Entwicklung im Jungwuchsstadium und darüber hinaus benötigen sie ausreichend Lichtgenuss (Lichtbaumarten) und Raum für ihre Kronenausbildung. Voraussetzung dafür sind allerdings waldökologisch tragfähige Wildstände (Eiche wird stark verbissen, darüber hinaus werden die Eicheln von Wildschweinen gefressen), sowie die Regelung der Konkurrenz zu Hainbuchen und Buchen (u.a. Mischungsregulierung in Jungwuchs- und Dickungsstadium) und wie erwähnt, die konsequente Steuerung des Lichtgenusses.

Die Hainbuche kann sich bei Präsenz im Altbestand in der Regel vital und individuenreich verjüngen und hat eine derart große Konkurrenzkraft, dass sie die Eichenarten ohne waldbauliche Mischungsregulierung zumeist überwächst.

Die Buche ist in dieser Waldvegetationszone konkurrenzstark und etabliert sich, so sie in der Baumschicht vorhanden ist, in der Naturverjüngung zahlreich und vital. Besonders die basenreichen Substrate der *Waldgruppe EH* fördern die Buchen-Naturverjüngung. Grundbedingung für eine erfolgreiche Buchen-Verjüngung sind wiederum waldökologisch tragfähige Wildstände. Auf sehr sauren Substraten (Basenklasse „e“ – extrem basenarm) kann sich Buche jedoch nicht bestandesbildend etablieren, daher werden jene in der *sehr milden und milden Laubwaldzone* von der *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte) besiedelt. Buche tritt in *Waldgruppe EIK* zwar auf, ist dort aber auf Standorte der Basenklasse „u“ beschränkt.

Tanne ist auf allen Standorten der *Waldgruppe EH* konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn sie im Altbestand vorhanden ist und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Die Ausbreitung von Tannensamen durch Vögel kann bei Vorhandensein von Samenbäumen einen relativ großen Raum durch Naturverjüngung abdecken.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe EH* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Trotzdem wird Beimischung von Lärche in der *Waldgruppe EH* vor allem mittels Kunstverjüngung bewerkstelligt werden - im Gegensatz zu höher gelegenen Waldvegetationszonen.

Die Fichte wurde auf den Standorten der *Waldgruppe EH* in der Steiermark vor allem mittels Kunstverjüngung vermehrt. Sie hat in der Waldgruppe bereits heute bezüglich Baumarteneignung immer mehr an Bedeutung verloren. In der Klimazukunft wird ihre Eignungszahl noch weiter abnehmen.

Die vielfältigen Mischbaumarten der *Waldgruppe EH* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens und bei Vorhandensein von fruktifizierenden Samenbäumen mittels Naturverjüngung etablieren. Edelkastanie kann sich bei guter Kronenentwicklung und Präsenz in der Baumschicht vor allem auf mäßig frischen bis frischen und tiefgründigen Standorten gut verjüngen. Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn und Esche können vor allem Unterhänge oder Standorte mit basenreichen Böden gut besiedeln. Vogel-Kirsche wird sich auf basenreichen und frischen Standorten, Sommer-Linde und Winter-Linde auf allen Standorten die nicht feucht sind, Mehlbeere vor allem auf Karbonat-Standorten und Berg-Ulme auf Unterhängen sowie relativ basenreichen Standorten verjüngen können. Birke kommt auf nahezu allen Standorten und vor allem auf sonnigen Kahlflächen vor, Rot-Kiefer auf mäßig frischen Rücken oder Kuppen, Vogelbeere auf allen Standorten und Eibe auf allen Standorten, aber gehäuft auf dolomitischem Untergrund. Die relativ seltenen Baumarten Elsbeere und Speierling jedoch werden in den meisten Fällen mittels Kunstverjüngung zu etablieren sein, dasselbe gilt für Schwarz-Kiefer.

Die Schaffung und Erhaltung einer großen Baumartenvielfalt als Basis für die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz der steirischen Wälder an den Klimawandel ist nur mit waldökologisch tragfähigen Schalen- und Schwarzwildbeständen zu bewerkstelligen. Verbiss, Verfegen, Schälungen und Samenfraß (Schwarzwild) müssen auf ein tragfähiges Niveau reduziert werden, sodass alle erwünschten Baumarten sich erfolgreich verjüngen können und ihre weitere Entwicklung auch ungestört verläuft.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe EH* von zentraler Bedeutung für die Widerstandsfähigkeit und Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die große Vielfalt an Baumarten, welche in der *Waldgruppe EH* gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Eine Reduktion des Risikos flächiger Trockenschäden kann durch Einbringung trockenresistenter Mischbaumarten erzielt werden. Der große Konkurrenzdruck der Hainbuche und der Buche auf andere Baumarten erfordert das gruppenweise Einbringen von Konkurrenz-schwächeren Lichtbaumarten (z.B. die Eichenarten) bzw. eine gezielte Mischungsregulierung im Jungwuchs- und Dickungsstadium und die konsequente Förderung bis ins Baumholzstadium.

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Verbesserung der Einzelbaum- und Gruppenstabilität

Die beste Widerstandsfähigkeit in der *Waldgruppe EH* weisen **Eichen-Hainbuchen-Bestände** auf. Es wird für die Eichenarten (aktuell Stiel-Eiche und Trauben-Eiche, teilweise auch Zerr-Eiche) empfohlen, während aller Bestandesentwicklungsphasen ausreichend Lichtgenuss und Kronenraum sicherzustellen, damit großkronige Individuen mit optimalen H/D-Werten (< 0,8) heranwachsen können. Die Hainbuche als dienende Baumart zur Umfütterung der Eiche verbessert durch ihre Präsenz in der Mittelschicht das Bestandesklima und erhöht dadurch wiederum die Bestandesstabilität. Die Vielzahl an möglichen Mischbaumarten sowohl in der Oberschicht (Edelkastanie) als auch in der Mittelschicht (Ahorn-Arten, Berg-Ulme, Linden-Arten, Buche, Eibe) trägt weiter zur Stabilisierung der Waldbestände bei. Deshalb ist das Augenmerk bei der Bewirtschaftung dieser Waldbestände auf die gezielte Förderung und Erhaltung der vorhandenen Baumartenvielfalt zu legen.

In **Buchen-Tannen-Beständen** und **Buchen-Eichen-Beständen** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen (H/D < 0,8) empfohlen. Buche reagiert noch im Baumholzstadium stark auf eine Freistellung durch den Ausbau der Krone. Vorherrschende Buchen im Baum-/Altholzstadium auf tiefgründigen Böden sind kaum durch Kalamitäten gefährdet. Daher ist die gezielte Auslesedurchforstung zur Förderung stabiler Wertholzträger von Buche hilfreich zur Stärkung der Stabilität der Waldbestände. Die Tanne erschließt vor allem tiefgründige Böden der Waldgruppe hervorragend und kann dort beachtliche Dimensionen erzielen. Die Förderung der Bestandesstabilität erfolgt vor allem durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzel-System, wodurch Tanne als Stabilitätsträgerin die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen zu erhöhen vermag. Daher ist die Präsenz von kräftigen Tannen mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität der Waldbestände. Die Eichenarten haben dabei ebenfalls eine stabilisierende Wirkung auf den Waldbestand. Ihr tiefreichendes Pfahlwurzelsystem kann tiefgründige und staunasse Böden gut erschließen. Die Eichenarten benötigen zur Entwicklung ausreichend Licht, um im Alter die gewünschten H/D-Werte (< 0,8) aufzuweisen, weshalb für sie in allen Bestandesentwicklungsphasen ausreichend Lichtgenuss sicherzustellen ist. Die Förderung von stabilen und vitalen Individuen aller erwähnten Baumarten stärkt wiederum das Bestandesgefüge.

In **Fichten-Lärchen-Beständen** der *Waldgruppe EH* ist auf eine hohe Einzelbaum-Stabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann und dabei keiner Konkurrenz von Mischbaumarten ausgesetzt ist. Mittel- bis langfristig sollten die Fichten-Lärchen-Bestände in der *Waldgruppe EH* allerdings in Mischungstypen mit einem höheren Laubbaumanteil überführt werden.

In einschichtigen **Fichtenreinbeständen** mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D - Werte > 0,8) sind instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen. In jüngeren Fichtenreinbeständen kann durch eine mäßige und wiederholte Auslesedurchforstung die Einzelbaumstabilität erhöht werden. Fichtenreinbestände sind in der *Waldgruppe EH*, sobald es die Bestandesentwicklungsphase erlaubt, in Mischungstypen mit einem höheren Laubbaumanteil überzuführen.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Die **Eichenarten** sind vor Befall durch die diversen genannten Pilze (*Cylindrocarpon destructans, Phytophthora* sp., *Erysiphe alphitoides)* nur schwer zu schützen. Insbesondere bei Mehltau-Befall begünstigt ein Zurückschneiden der befallenen Äste nur das Weiterbestehen des Pilzes und ist daher zu vermeiden. Sollten die **Eichenarten** mit Eichen-Prozessionsspinner befallen sein, sind unbedingt Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen. Menschen sollten aufgrund der gegebenen Gesundheitsgefährdung Abstand halten. Weitere Maßnahmen sind mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Borkenkäfer-Vermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** in der *Waldgruppe EH* besonders stark betroffen. In dieser Waldvegetationszone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten eines etwaigen Borkenkäferbefalls zu legen. Grund dafür sind die regional noch verbreiteten Fichten-Waldbestände in Kombination mit milden Jahresmittel-Temperaturen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Laubwaldbestände sind in der sehr milden und milden Laubwaldzone die beste Strategie, um der Gefährdung durch die Borkenkäfer zu begegnen.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen (z.B. die Lärchenschütte *Mycosphaerella laricina*) auf, welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Durch waldbauliche Maßnahmen können allerdings auftretende Pilzerkrankungen an Lärche nicht vermieden werden. Die Mischung mit Laubbäumen hilft allerdings, die Sporenausbreitung zu vermindern.

Die **Buche** kann vor Schäden durch den Buchen-Prachtkäfer durch das Vermeiden von plötzlichen Freistellungen und der daraus verminderten Anfälligkeit der Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden, bewahrt werden. Darüber hinaus wird dadurch auch die Entwicklung von „Buchen-Sonnenbrand“ vermieden.

Dem Triebsterben bei **Esche** wird bereits durch die Forschungsarbeiten zum Vermehrungsgut strategisch begegnet. Es wird beabsichtigt, resistente Individuen von Esche ausfindig zu machen und zu vermehren, um diese Edellaubbaumart für forstliche Zwecke weiterhin verwenden zu können. Zukünftig sollen mehr als dreihundert resistente Klone bereitstehen, die den Grundstock für eine weitere Vermehrung bieten sollen.

Für **Tanne** sind Gefahren bezüglich eines Schädlingsbefalls mit der Tannentrieblaus durch das Vermeiden einer plötzlichen Freistellung von Tannen-Jungwuchs/Dickungen vermeidbar. Die Schattbaumart Tanne ist am besten unter Schirm zu verjüngen, etwaig aufkommende Pionierbaumarten (u.a. Birke) können belassen werden, um eine leichte Beschattung zu erzielen. Darüber hinaus ist die Entwicklung von Tannentrieblaus-Befall zu beobachten und stark befallene Tannen im Spätherbst zu entfernen und an einem geeigneten Ort zu verbrennen.

Die **Edelkastanie** kann in Bezug auf den Kastanienrindenkrebs nur durch resistente Individuen ersetzt werden, wobei darauf zu achten ist, dass alte Stockausschläge nicht-resistenter Individuen hintangehalten oder vernichtet werden. Auch verschiedene Fäule-Erreger (*Phytophthora* spp) können der Edelkastanie gefährlich werden, wenn sie etwa nicht ausreichend Lichtgenuss erfährt.

9.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe EH* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels, in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen, in starker Form gegeben. Besonders die reinen Fichtenbestände sind schon aktuell einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Schon heute ist (mit Blick in die Klimazukunft) von der Kultur von Fichte auf den Standorten der *Waldgruppe EH* abzuraten. Weite Bereiche der heutigen *Waldgruppe EH* werden sich aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges in Richtung der *Waldgruppe EHb* – Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte (sehr warme bis mäßig warme Laubwaldzone) oder in Richtung der *Waldgruppe EIm* (Eichenwald-Standorte – submediterran [Flaum-Eiche] – sehr warme bis milde Laubwaldzone) verändern. Das bedingt, dass die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) in der Klimazukunft auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EH* eine erhöhte Tauglichkeit und Konkurrenzkraft aufweisen werden. Darüber hinaus können die Zerr-Eiche und die Flaum-Eiche in klimafitte Mischungstypen integriert werden oder auch die Balkan-Eiche in Hinblick auf ihre Eignung geprüft werden. Jedoch werden sich die Eichenarten zumeist nur durch spezifische waldbauliche Konzepte etablieren lassen, welche die hohe Konkurrenzkraft der Hainbuche und der Buche – die auf den meisten Standorten der *Waldgruppe EH* auch für die Klimazukunft eine hohe Eignungszahl aufweisen berücksichtigen. Außerdem stockt auf vielen Standorten der *Waldgruppe EH* heute keine Eiche im Altbestand, weshalb oftmals auf Saat oder Kunstverjüngung zur Etablierung von Eichenarten zurückgegriffen werden muss. Die größte Hürde für die Etablierung der Eichenarten als dominante Baumarten der *Waldgruppe EH* sind allerdings der Wildverbiss und der Samenfraß.

Um die optimale Anpassungsfähigkeit der Waldökosysteme im Klimawandel sicherzustellen, ist in dieser Waldvegetationszone vor allem auf die Erzielung von stabilen und möglichst gemischten Waldbeständen zu achten. Folgend werden unter der Rubrik „klimafitte Mischungstypen“ waldbauliche Strategien für die *Waldgruppe EH* beschrieben, wobei die wesentlichen unterschiedlichen Ausgangslagen berücksichtigt werden.

Genetische Vielfalt erhalten

Bei Durchforstungen ist der Erhaltung der genetischen Vielfalt Rechnung zu tragen. Die Förderung von Mischbaumarten, die dem Zielbestand (klimafitter Mischungstyp) entsprechen, erhöht die Anpassungsfähigkeit. Für Waldökosysteme ist die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist bei einem auf den Lichtgenuss der Baumarten ausgerichteten Naturverjüngungsbetrieb an die spezifischen Wuchsbedingungen der Waldvegetationszone angepasst.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar. Kunstverjüngungs-Maßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppe EH* muss dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumarten-Kombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Mischwaldbestände), während für die reinen Nadelbaumbestände eine Überführung in Laubbaum-dominierte Bestandesformen notwendig wird. Die Dominanz von Laubbaumarten verbessert in dieser Waldgruppe die Bestandesstabilität und Resilienz insgesamt (Valinger und Fridman 2011; Jactel et al. 2017), außerdem kann es besonders auf ärmeren Standorten zu einer verbesserten Bestandesleistung insgesamt kommen (Pretzsch et al. 2010). Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben.

StEi - Hbu - Li (vor allem Standorte mit aktuellem Vorkommen von Stiel-Eiche)

Stiel-Eiche bringt Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und erschließt die Nährstoffvorräte tiefliegender Bodenschichten. Hainbuche und Linde (Sommer- oder Winter-Linde) sind relativ schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken. Für die Stiel-Eiche muss zur Verjüngung und auch in weiterer Folge ausreichend Lichtgenuss zur Entwicklung sichergestellt werden. Hainbuche und Linde können als Umfütterung von Stiel-Eiche eingesetzt werden. Die Kombination der drei Baumarten verspricht gutes Wertholz-Potenzial.

TrEi - Hbu - Li (vor allem Standorte mit aktuellem Vorkommen von Trauben-Eiche)

Trauben-Eiche bringt Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und erschließt die Nährstoffvorräte tiefliegender Bodenschichten. Hainbuche und Linde (Sommer- oder Winter-Linde) sind relativ schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken. Für die Trauben-Eiche hingegen muss zur Verjüngung und auch in weiterer Folge ausreichend Lichtgenuss zur Entwicklung sichergestellt werden. Hainbuche und Linde können als Umfütterung von Trauben-Eiche eingesetzt werden. Die Kombination der drei Baumarten verspricht gutes Wertholz-Potenzial.

StEi - Hbu - SAh

Stiel-Eiche in der Oberschicht und Hainbuche in der Mittelschicht stellen eine klassische Form der Eichen-Wertholzzucht dar. Der Spitz-Ahorn kann zur Bereicherung der Baumartenvielfalt zusätzlich eingesetzt werden. Die Mischung wird vor allem im Ost- und Weststeirischen Hügelland und im Grazer Becken in der Klimazukunft weiterhin tauglich sein. Die Stiel-Eiche wird nur mittels gezielter waldbaulicher Maßnahmen zu etablieren sein (Konkurrenzdruck der Hainbuche oder der Buche).

TrEi - Elsb - FAh (vor allem auf karbonatischen Standorten - EH34g)

Trauben-Eiche und Elsbeere können Wertholz liefern. Elsbeere und Feld-Ahorn sind wärmeliebend und genügsam, auch auf flachgründigen Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität. Die Trauben-Eiche kann die Oberschicht bilden, die Elsbeere und der Feld-Ahorn die Mittelschicht. Die Elsbeere ist ausreichend plastisch, um nach Freistellung durch Entnahme der Oberschicht verstärktes Wachstum zu entwickeln. Das ist ein Mischungstyp mit guter Eignung für mehrschichtige und stufige Bestände und wird sogar auf mäßig frischen karbonatischen Standorten eine probate Alternative darstellen.

StEi - Eka - Bu (vor allem am Standort mit guter Bonität und Wasserversorgung– EH5grm)

Edelkastanie ist von der Pflege her eine anspruchsvolle Baumart, da sie viel Licht und regelmäßige Freistellung braucht, um alt genug für die Wertholzproduktion zu werden. Sie sollte vor allem auf gut nährstoff- und wasserversorgten Standorten mit tiefgründigen Böden angebaut werden. Auf diesen Standorten kann sie bei regelmäßiger Pflege als geeignete Baumart für die Wertholzproduktion in einer wärmeren Zukunft erachtet werden. Sie hat eine ausgeprägte Ausschlagfähigkeit und könnte nach der Nutzung als Wertholz auch niederwaldartig bewirtschaftet werden (Conedera et al. 2021). Die Stiel-Eiche passt bezüglich ihrer Lichtansprüche sehr gut zur Edelkastanie. Die Buche kann als Halbschatten-Baumart für die Gestaltung der Mittelschicht verwendet werden. Diese Sturm- und mäßig trockenresistente Mischung mit zwei ausschlagfreudigen Baumarten hat damit einerseits ein großes Wertholzpotenzial, und erlaubt andererseits auch eine intensive Biomassenutzung sowie die Nutzung von Maroni als zusätzliche Vermarktungsmöglichkeit.

StEi - SEr - Hbu - Ta (für meist pseudovergleyte Standorte - EH6grm und EH5grm)

Stiel-Eiche und Schwarz-Erle sind ausgezeichnet in der Lage, die Standortsbedingungen auf den pseudovergleyten Standorten oder Auwald-Standorten mit sehr frischer oder feuchter Wasserhaushalts-Stufe zu erschließen. Dasselbe gilt für Tanne. Hainbuche als dienende Baumart kann zur Umfütterung von Eiche eingesetzt werden. Stiel-Eiche und Schwarz-Erle sind auf den Standorten Wertholz-tauglich. Tanne kann ebenfalls noch gute Wuchsleistungen erzielen, trotz der geringen Höhenlage. Zur genauen Standortszuordnung bitte das Sonderwald-Standortsmodell einsehen.

TrEi - Eka - Li (vor allem Standorte mit guter Bonität – EH34g, EH34r, EH34m, EH5grm)

Die Kombination aus Trauben-Eichen zur Wertholzerzeugung gemeinsam mit Edelkastanie und mit Linde im Nebenbestand ist eine mögliche Option auf guten Standorten. Die Linde (vor allem Winter-Linde, weniger die Sommer-Linde) ist als wärmeliebende Baumart generell eine „Klimawandel-Gewinnerin“. Trauben-Eiche und Linde ergänzen sich dabei bezüglich Schattentoleranz und Holzeigenschaften. Die Trauben-Eiche und die Edelkastanie können die Oberschicht bilden, und die Linde als schattentolerante Baumart in der Mittelschicht die Bildung von Wasserreisern verhindern. Mit Edelkastanie lassen sich neben Wertholz auch Maroni als Waldfrucht nutzen.

Eka - Bu - Ta (vor allem am Standort mit guter Bonität und Wasserversorgung– EH5grm)

Die Mischung aus Edelkastanie, Buche und Tanne ermöglicht auf tiefgründigen und nährstoffreichen Standorten die Erzielung von ausgezeichnetem Wertholz (Edelkastanie und Tanne) und kann eine gute Alternative im Klimawandel sein. Die Edelkastanie als Lichtbaumart kann die Oberschicht bilden, die schattentoleranteren Arten Buche und Tanne können die Mittelschicht bilden. So können strukturierte Waldbestände erzielt werden, welche auch eine vielfältige Nutzung ermöglichen (Maroni).

Dou - Bu - SAh (nicht auf den karbonatischen Standorten, nur auf EH5grm)

Douglasie bietet hohe Wuchsleistungen und eine relativ hohe Trockenresistenz. Eine horstweise Mischung bietet Vorteile hinsichtlich der Pflegeintensität. Douglasie in der Oberschicht und Buche und Spitz-Ahorn in der Mittelschicht stellen eine probate Alternative dar. Douglasie wächst deutlich besser in Mischbeständen mit Buche, während die Buche in ihrem Wachstum verglichen mit Reinbeständen unverändert bleibt (Thurm et al. 2016). Darüber hinaus erhöht die Mischung die Resilienz der Waldbestände. Buche und Spitz-Ahorn erhalten durch die gut abbaubare Streu die Standortsgüte,

verringern das Risiko und lassen sich leicht verjüngen. Bei Trockenstress im Mischbestand ist die Erholungszeit der Douglasie im Verhältnis zum Reinbestand verkürzt, jene der Buche allerdings verlängert (Thurm et al. 2016).

Die Douglasie ist auf Karbonatstandorten (Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen) nicht zu empfehlen, weil sie auf diesen Standorten im Stangenholz-Stadium Probleme bekommen könnte. Auf Standorten mit Buchendominanz wird die Douglasie nicht ohne intensive Pflegemaßnahmen aufkommen, da sie nur mäßig schattentolerant ist.

Douglasien sind sensibel gegenüber Früh- und Spätfrösten, sowie Frosttrocknis. Auch die Douglasienschütte kann zur Gefährdung werden, daher wird Douglasien-Anbau explizit nicht für Unterhangstandorte (bzw. Standorte mit häufig hoher Luftfeuchte und Nebel) empfohlen. Durch regelmäßige, kräftige Durchforstungen kann das Infektionsrisiko verringert werden (Schüler und Chakraborty 2021).

RoEi - Bu - SAh (nicht auf den karbonatischen Standorten, nur auf EH56grm)

Rot-Eiche kann als raschwüchsigste Eichenart tiefgründige Böden mit ausreichender Basenversorgung sehr gut erschließen und verspricht dort in der Mischung mit Buche und Spitz-Ahorn eine klimafitte Mischung mit ausgesprochenem Wertholzfokus. Die drei Baumarten sind am besten gruppenweise zu etablieren. Rot-Eiche wird aufgrund ihrer Raschwüchsigkeit die Oberschicht bilden, während Buche und Spitz-Ahorn vorerst die Mittelschicht bilden und erst mit zunehmendem Alter in die Oberschicht vordringen können.

SAh - Es (auf Unterhangstandorten)

Auf Unterhangstandorten mit auffälliger Präsenz der Hasel ist die Mischung von Spitz-Ahorn und Esche eine mögliche Alternative. Spitz-Ahorn kann beachtliche Dimensionen erzielen und Wertholz liefern. Esche kann im Falle von resistenten Individuen (gegen das Eschen-Triebsterben) ebenfalls Wertholz-taugliche Sortimente erzielen. Darüber hinaus können die zwei Baumarten aufgrund ihres Wurzelsystems den Bodenkörper gut stabilisieren und somit auch lokal die Schutzwirkung erhöhen. Waldökologisch tragfähige Wildstände vorausgesetzt, können sich alle zwei Baumarten mittels Naturverjüngung etablieren.

Tabelle 9.3: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe EH* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedliche zukünftige Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	**künftige Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
Standorte mit aktuellem Vorkommen von Stiel-Eiche	EH, EHb, Elm	StEi - Hbu -Ta
		StEi - Hbu - SAh
Standorte mit aktuellem Vorkommen von Trauben-Eiche	EH, EHb, Elm	TrEi - Hbu - Li
Karbonatische Standorte – EH34g	EH, EHb, Elm	TrEi - Els - FAh
Standorte mit guter Bonität – EH5grm, EH34g, EH34r, EH34m	EH, EHb, Elm	StEi - Eka - Bu
		TrEi - Eka - Li
		Eka - Bu - Ta
Pseudovergleyte Standorte – EH6grm und EH5grm	EH, EHb, Elm	StEi - SEr - Hbu - Ta
Nicht auf karbonatischen Standorten, nur auf EH5grm	EH, EHb, Elm	Dou - Bu - SAh
		RoEi - Bu - SAh
Unterhangstandorte	EH, EHb, Elm	SAh - Es

* sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

Achtung: Bitte überprüfen Sie in der digitalen Standortskarte die Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EH*. Es ist zu beachten, welche zukünftigen Waldstandortseinheiten für die Waldgruppe simuliert worden sind, unterschieden in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085. Aufgrund dessen können Sie den für Sie am besten passenden klimafitten Mischungstyp auswählen (Tab. 9.3). Wesentlich ist dabei, zu beachten, dass die Baumarten aller definierten klimafitten Mischungstypen bereits heute und auch in der Klimazukunft Standortstauglichkeit aufweisen. Das ist die Grundlage für die waldbauliche Umsetzung der Empfehlungen in der Gegenwart.

9.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Aus der kombinierten Betrachtung der aktuellen Baumartenanteile und der zukünftigen Baumarteneignung kann die Dringlichkeit für die Überführung in einen klimafitten Mischungstyp abgeschätzt werden. Zum Beispiel ergibt die Summe aus den Produkten der aktuellen Baumartenanteile (z.B. aus dem Operat oder in einem spezifischen Waldbestand) mit den

Eignungswerten der jeweiligen Baumarten für 2085 einen näherungsweisen Wert für die „zukünftige Bestandeseignung“. Dieser errechnete Wert der Bestandeseignung kann noch um die Beurteilung der vorhandenen Strukturparameter ergänzt werden (Bestandesschichtung, Einzelbaumstabilität, Kronenlänge).

Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände und Fichten-Lärchen-Bestände in der *Waldgruppe EH* in der Klimazukunft eine geringe Baumarteneignung. Diese Bestände sollten daher eher rasch in passende klimafitte Mischungstypen überführt oder umgewandelt werden.

Sehr hohe Dringlichkeit: Eine Bestockung mit Baumarten geringer Eignung kann in der *Waldgruppe EH* mit regelmäßigen Eingriffen im Turnus von 5-10 Jahren in einen klimafitten Bestand überführt werden: Die Eingriffe können umso kräftiger ausfallen, je höher die Einzelbaum-Stabilität ist (H/D < 0,8 und Kronenlänge > 50%). Die Förderung von 150-200 Z-Bäumen pro ha wird empfohlen, wenn es sich um Nadelbaumbestände handelt. Ist die Einzelbaum-Stabilität im Mittel geringer, sollten nur 50-100 Z-Bäume gefördert werden. Alle Eingriffe haben zum Ziel, die Struktur und damit die Bestandesstabilität zu erhöhen, sowie Baumarten mit hoher Eignung am Standort zu fördern. In einschichtigen, labilen Nadelbaumbeständen werden instabile Gruppen entnommen. In diesen Lücken muss frühzeitig mit geeigneten Baumarten der zukünftigen klimafitten Mischungstypen (künstlich) verjüngt werden.

Hohe Dringlichkeit: Sukzessive Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten, um standortsgerechte Baumarten und deren Kronenentwicklung zur Produktion von Samen zu unterstützen. Dabei sollte eine zu schnelle Freistellung von zu fördernden Buchen vermieden und pro Eingriff 1-2 Bedränger entnommen werden (Auslesedurchforstung). Auf geeigneten Standorten sind Edellaubbäume im Stangenholz- bzw. jungen Baumholz-Stadium stärker zu fördern, um eine adäquate Kronenentwicklung noch zu ermöglichen. In überdichten Fichtenbeständen erfolgt eine Stammzahlreduktion mit dem Ziel, stabile Einzelbäume und Gruppen zu fördern und mittelfristig den H/D-Wert der Bäume zu verbessern.

Geringe Dringlichkeit: Reduktion/Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten sowie Förderung der Bestandesstabilität im Turnus von < 10 Jahren.

9.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe EH* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe EHb* vorherrschen, es also auf den betreffenden Standorten zu einer Veränderung von der sehr milden bis milden Laubwaldzone in die sehr warme bis mäßig warme Laubwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand unterstellt, darüber hinaus wurden für alle diese drei Optionen die Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert.

In Tab. 9.4 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Stiel-Eiche-Schwarz-Erle - Hainbuche-Tanne in Fichtenreinbeständen der *Waldgruppe EH* dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein

einschichtiger Bestand (Fichte 100 %) in Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholz-Phase unterstellt. Beispielhaft wurde das Konzept für die Waldstandortseinheiten EH6grm und EH5grm entwickelt und könnte somit auf stark pseudovergleyten Flächen im steirischen Hügelland liegen (zur genauen standörtlichen Zuordnung bitte das Sonderwald-Standortsmodell einsehen). Die Klimaszenarien lassen erwarten, dass sich auf diesen heutigen Standorten der *Waldgruppe EH* die Standortsbedingungen der *Waldgruppe EHb* (sehr warme bis mäßig warme Laubwaldzone) einstellen werden. Zur Begründung von Stiel-Eiche auf den Verjüngungsflächen wird grundsätzlich Saat empfohlen, um eine vitale Entwicklung der artspezifischen Pfahlwurzel zu ermöglichen. Vitale Pfahlwurzelsysteme der Eichenarten erlangen im Klimawandel zusätzliche Bedeutung.

In Tab. 9.5 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Trauben-Eiche-Edelkastanie- Winter-Linde in einschichtigen und gleichaltrigen Buchen- Rot-Kiefern- Beständen der *Waldgruppe EH* dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein einschichtiger Bestand (Buche 50 %, Rot-Kiefer 50 %) in Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholz-Phase unterstellt. Die Anpassungsoption wurde für die Waldstandortseinheiten EH34m, EH34r und EH34g entwickelt, die Örtlichkeit könnte sich auf sonnseitigen und mäßig frischen Standorten befinden, wo Buche aufgrund von Trockenperioden in naher Zukunft bereits Stabilitätsprobleme erfahren könnte. Die Klimaszenarien lassen erwarten, dass sich auf diesen heutigen Standorten der *Waldgruppe EH* die Standortsbedingungen der *Waldgruppe EHb* (sehr warme bis mäßig warme Laubwaldzone) einstellen werden.

In Tab. 9.6 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Douglasie-Buche- Spitz-Ahorn in einschichtigen und gleichaltrigen Buchen- Spitz-Ahorn- Beständen der *Waldgruppe EH* dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwaldcharakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein einschichtiger Bestand (Buche 80 %, Spitz-Ahorn 20 %) in Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholz-Phase unterstellt. Der einzige passende Standort zur Umsetzung dieses klimafitten Mischungstyps ist EH5grm (er ist als einziger in der *Waldgruppe EH* gut geeignet, und zwar sowohl für Douglasie als auch für Buche).

Unterhang-Standorte: Baumarten und Waldbau-Technik

Die Integration der Ahornarten in die Bestockung von Unterhangstandorten in größeren Gräben und Talschaften der *Waldgruppe EH* ist sinnvoll, da jene stabilisierend wirken. Nadelbaumreinbestände sind zu vermeiden. Tanne ist nur auf EH5grm, EH6grm und EH56c gut tauglich beimischbar.

Kahlschläge können zu flächendeckendem Aufkommen der Hasel führen, welche in solchen Situationen die Verjüngung der anderen Baumarten vereitelt. Daher sind auf diesen Unterhangstandorten kleinflächige Verjüngungsverfahren empfohlen (kleinflächige Lochhiebe, Femelhiebe oder Saumhiebe), um die Verjüngungsentwicklung der erwünschten Baumarten zu ermöglichen und eine Dominanz der Hasel zu vermeiden (Kirchmeir et al. 2000).

Tabelle 9.4: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichtenreinbeständen in den klimafitten Mischungstyp Stiel-Eiche- Schwarz-Erle- Hainbuche- Tanne.

EH – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **StEi-SEr-Hbu-Ta-**Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **StEi-SEr-Hbu-Ta-**Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten-Individuen werden in den Reinbeständen gefördert; Überführung in Stiel-Eichen- Schwarz-Erlen- Hainbuchen- Tannen- Bestände – diese Baumarten werden auf den Lochhiebs-Flächen gesät oder gepflanzt. **Ziel:** Stiel-Eiche 40 %, Schwarz-Erle 30 %, Hainbuche 20 %, Tanne 10 %,; U = 80-120 Jahre	Stabile Fichten-Individuen werden in den Reinbeständen gefördert; Überführung in Stiel-Eichen- Schwarz-Erlen- Hainbuchen- Tannen- Bestände – diese Baumarten werden auf Saumschlag-Flächen gesät oder gepflanzt. **Ziel:** Stiel-Eiche 40 %, Schwarz-Erle 30 %, Hainbuche 20 %, Tanne 10 %,; U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Nutzung der Jungwuchsphase, um den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Pflanzung von Schwarz-Erle, Tanne und Hainbuche und Saat von Stiel-Eiche in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von Fichte aus der ehemaligen Pflanzung.	**Nutzung der Jungwuchsphase**, um den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Pflanzung von Schwarz-Erle, Tanne und Hainbuche und Saat von Stiel-Eiche in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von Fichte aus der ehemaligen Pflanzung.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche (wenn möglich) zugunsten von eventuell vorhandenen Mischbaumarten der Zielbestockung; vitale Fi können belassen werden. Durch späte Ergänzung mit einzelnen Mischbaumarten kann die Zielbestockung zwar nicht erreicht werden, aber dafür können für die nächste Generation Samenbäume etabliert werden.	**Belassen der Dickungsfläche**, eventuell Entfernung von weniger vitalen oder instabilen Fi.
Stangenholz	
Entfernung kranker/instabiler Fichten und Stabilitäts-förderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen; Entnahme besonders schlanker Fi). Konsequente Förderung einzelner Mischbaumarten als zukünftige Samenbäume durch Entfernen der Bedränger.	**Entfernung kranker/instabiler Fichten und Stabilitäts-förderung:** Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen; Entnahme besonders schlanker Fi). Konsequente Förderung von einzelnen Mischbaumarten als zukünftige Samenbäume durch Entfernen der Bedränger.
Baumholz	
In hiebsreifen Baumhölzern wird Fi mittels **Lochhieben** (1,5 - 2 Baumlängen Durchmesser für StEi) genutzt, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt zuerst Bodenbearbeitung, dann Saat von StEi; StEi soll sich mit 2-3 m Wuchshöhe etablieren können, danach Pflanzung von SEr, Hbu, Ta gemäß Bestockungsziel; Naturverjüngung der Zielbaumarten integrieren. Alternativ auch Nesterpflanzung von Eiche (z.B. im Verband 5 x 8 m [= 250 Nester/ha])	**Nutzung von hiebsreifem Fi-Baumholz durch Saumschläge** mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von SEr, Hbu und Ta mittels Pflanzung am Innensaum; von StEi mittels Bodenbearbeitung und Saat am Außensaum; dabei ist zeitlich der Außensaum vorzuziehen (ca. 2-3 Jahre), danach Pflanzung von SEr, Hbu und Ta; Voranbau von Ta unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen ist möglich.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit StEi, SEr, Hbu und Ta überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Als erster Schritt wird, mittels gruppenweiser Entnahmen von Fichte und anschließender Bodenbearbeitung StEi durch Saat eingebracht. Die Etablierung der schattentoleranten SEr, Ta und Hbu erfolgt anfangs mit Pflanzung. Durch Einzelstammentnahmen können dann mittelfristig Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Langfristig können sich alle Baumarten durch Naturverjüngung etablieren. Die Mischung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Für die Verjüngung von StEi werden weiterhin Lochhiebförmige Nutzungen notwendig sein (Dauerwald-System für die Integration von Lichtbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 9.5: Anpassungsoptionen zur Überführung von Buchen- Rot-Kiefern- Beständen in den klimafitten Mischungstyp Trauben-Eiche- Edelkastanie- Winter-Linde.

EH – Anpassungsoptionen für Buchen- Rot-Kiefern- Bestände	
Überführung in **TrEi-Eka-WiLi**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **TrEi-Eka-WiLi**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Buchen- und Rot-Kiefern-Individuen werden gefördert; Überführung in Trauben-Eichen-Edelkastanien- Winter-Linden- Bestände mit **Lochhieben**, Saat und Pflanzung. **Ziel:** Trauben-Eiche 40 %, Edelkastanie 40 %, Winter-Linde 20 %; U = 80-150 Jahre	Stabile Buchen- und Rot-Kiefern-Individuen werden; Überführung in Trauben-Eichen- Edelkastanien- Winter-Linden- Bestände mittels **Saumschlag**, Saat und Pflanzung. **Ziel:** Trauben-Eiche 40 %, Edelkastanie 40 %, Winter-Linde 20 %; U = 80-150 Jahre
Jungwuchs	
In der Jungwuchsphase können noch Baumarten der Zielbestockung des klimafitten Mischungstyps etabliert werden: Entnahme von Bu und RKi aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Eka und WiLi und Nesterpflanzung von TrEi in vorhandenen oder geschaffenen Lücken.	**In der Jungwuchsphase** können noch Baumarten der Zielbestockung des klimafitten Mischungstyps etabliert werden: Entnahme von Bu und RKi aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Eka und WiLi und Nesterpflanzung von TrEi in vorhandenen oder geschaffenen Lücken.
Dickung	
Pflege der Dickungsfläche, eventuell Entfernung von wenig vitalen oder instabilen Bu und RKi-Individuen und Ergänzungspflanzung. Ausformung von Gruppen, um die interspezifische Konkurrenz zu reduzieren.	**Belassen der Dickungsfläche**, eventuell Entfernung von weniger vitalen oder instabilen Bu und RKi-Individuen.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Buchen und Rot-Kiefern und Stabilitätsförderung: Auslese-durchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu und RKi).	**Entfernung von kranken oder instabilen Buchen und Rot-Kiefern und Stabilitätsförderung:** Auslese-durchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu und RKi).
Baumholz	
In hiebsreifen Baumhölzern werden Bu und RKi mittels **Lochhieben** (1,5-2 Baumlängen Durchmesser für TrEi) genutzt, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt nach der Bodenbearbeitung zuerst die Saat von TrEi; TrEi soll sich mit 2-3 m Wuchshöhe etablieren können, danach erst erfolgt die Pflanzung von Eka und WiLi (Sicherung von ausreichend Lichtgenuss für TrEi und auch für Eka).	**Nutzung von hiebsreifem Bu-RKi-Baumholz durch Saumschläge** mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von Eka und WiLi mittels Pflanzung und von TrEi mittels Saat nach Bodenbearbeitung; die Einbringung von TrEi ist zeitlich vorzuziehen (ca. 2-3 Jahre), danach erst Pflanzung von Eka und WiLi (Sicherung von ausreichend Lichtgenuss für TrEi und auch für Eka).
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Bu-RKi-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit TrEi, Eka und WiLi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Als erster Schritt wird nach gruppenweisen Entnahmen und Bodenbearbeitung TrEi durch Saat eingebracht. Die Etablierung der Lichtbaumart Eka und der mäßig schattentoleranten WiLi erfolgt anfangs mit Pflanzung. Langfristig können sich alle Baumarten durch Naturverjüngung etablieren. Die Mischung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Durch Einzelstammentnahmen können dann mittelfristig Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Für TrEi und Eka werden weiterhin gruppenweise bis lochhiebsförmige Verjüngungsverfahren notwendig sein (Dauerwald-System für Lichtbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 9.6: Anpassungsoptionen zur Überführung von Buchen- Spitz-Ahorn- Beständen in den klimafitten Mischungstyp Douglasie- Buche- Spitz-Ahorn.

<table>
<tr><th colspan="2">EH – Anpassungsoptionen für Buchen - Spitz-Ahorn-Bestände</th></tr>
<tr><td>Überführung in Dou-Bu-SAh-Bestände durch Lochhiebe</td><td>Überführung in Dou-Bu-SAh-Bestände durch Saumschläge</td></tr>
<tr><td>Stabile Buchen und Spitz-Ahorn-Individuen werden in den Waldbeständen gefördert; Überführung in Douglasien- Buchen- Spitz-Ahorn- Bestände mittels Lochhieben, Naturverjüngung und Pflanzung.
Ziel: Douglasie 60 %, Buche 20 %, Spitz-Ahorn 20 %; U = 80-100 Jahre</td><td>Stabile Buchen und Spitz-Ahorn-Individuen werden in den Waldbeständen gefördert; Überführung in Douglasien- Buchen- Spitz-Ahorn- Bestände mittels Saumschlag, Naturverjüngung und Pflanzung.
Ziel: Douglasie 60 %, Buche 20 %, Spitz-Ahorn 20 %; U = 80-100 Jahre</td></tr>
<tr><td colspan="2">Jungwuchs</td></tr>
<tr><td>Nutzung der Jungwuchsphase, um noch zusätzliche Baumarten der Zielbestockung des klimafitten Mischungstyps zu etablieren: Entnahme von Bu im Jungwuchs, Pflanzung von Dou auf vorhandenen Lücken oder den geschaffenen Freiflächen. Förderung von SAh in Hinblick auf das Bestockungsziel.</td><td>Nutzung der Jungwuchsphase, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Entnahme von Bu und SAh aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Dou auf vorhandenen Lücken oder den geschaffenen Freiflächen. Achtung auf das Bestockungsziel.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dickung</td></tr>
<tr><td>Mischungsregulierung und Ergänzungspflanzung auf der Dickungsfläche, eventuell Entfernung von wenig vitalen oder instabilen Bu und SAh-Individuen, später Einbringung von Dou auf geschaffenen oder vorhandenen Lücken.</td><td>Belassen der Dickungsfläche, eventuell Entfernung von wenig vitalen oder instabilen Bu und SAh-Individuen.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Stangenholz</td></tr>
<tr><td>Entfernung von kranken oder instabilen Buchen und Spitz-Ahornen sowie Stabilitätsförderung: Auslese-durchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu und SAh).</td><td>Entfernung von kranken oder instabilen Buchen und Spitz-Ahornen sowie Stabilitätsförderung: Auslese-durchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen; Entnahme besonders schlanker Bu und SAh).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Baumholz</td></tr>
<tr><td>In hiebsreifen Baumhölzern werden Bu und SAh mittels Lochhieben (1,5 Baumlängen Durchmesser) genutzt, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt die Pflanzung von Dou, jeweils in Gruppen; Integration der Naturverjüngung von Bu und SAh, welche in Gruppen zwischen Dou zu erhalten ist.</td><td>Nutzung von hiebsreifem Bu und SAh-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, auf den Saumschlagflächen Etablierung von Dou mittels Pflanzung in Reihen; Naturverjüngung von Bu und SAh in Gruppen zwischen Dou belassen und fördern.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dauerwald-Konzept</td></tr>
<tr><td colspan="2">Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Bu-SAh-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Dou, Bu und SAh überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Als erster Schritt wird mittels gruppenweiser Entnahmen Dou durch Pflanzung eingebracht. Die Mischung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Durch Einzelstammentnahmen können dann mittelfristig Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Für Dou werden neben Einzelstammentnahmen auch unregelmäßige gruppenweise Verjüngungsverfahren notwendig sein. Zeitraum > 100 Jahre.</td></tr>
</table>

9.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe EH* sind in der Steiermark regional teilweise auch Schutzwaldanteile gegeben. Voraussetzung dafür sind zumeist sehr steile und felsige Taleinhänge, dort ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Aufgrund der Lage der *Waldgruppe EH* im steirischen Hügelland und im Grazer Becken ist der Schutzwaldanteil allerdings gering. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe EH* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Baumarten gemeinsam vorhanden sind. Als besonders bedeutsame Baumarten für eine effiziente Schutzwirkung sind die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche), Tanne, Buche und die Ahornarten hervorzuheben. Es ist der durch den Klimawandel bedingten Steigerung der Bedeutung der Eichenarten Rechnung zu tragen und daher sind diese in den Waldbeständen der heutigen *Waldgruppe EH* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern.

Es ist zu beachten, für waldökologisch tragfähige Schalen- und Schwarzwildbestände zu sorgen, um die erfolgreiche Verjüngung und Entwicklung aller erwünschten Baumarten und somit die Schutzwaldfunktionen nachhaltig sicherstellen zu können. Besonders die Eichenarten sind aktuell durch Wildverbiss und Samenfraß in ihrer Entwicklung gehemmt.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil (Thomasius 1996; Frehner et al. 2005). Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Widerstandskraft und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe EH* effizient umsetzbar, weil die Baumartenvielfalt sehr groß ist.

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der Baumarten Stiel-Eiche oder Trauben-Eiche, Buche, Tanne, und Hainbuche von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind die Ahorn-Arten (Feld-Ahorn, Berg-Ahorn und Spitz-Ahorn), Vogel-Kirsche, Winter-Linde, Sommer-Linde, Eibe und alle weiteren vitalen und stabilen Baumarten der *Waldgruppe EH*. In der Klimazukunft werden die Eichenarten (Stiel-Eiche, Trauben-Eiche und Zerr-Eiche) an Bedeutung gewinnen.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen und felsigen Standorten der *Waldgruppe EH* möglichst geschlossen und strukturreich zu halten. Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind daher möglichst kleinräumig durchzuführen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden. Tiefwurzelnde Baumarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche, Tanne) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden. Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration der Erosion entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Während manche Baumarten nach Verletzungen anfällig für Fäule ist, sind die Eichenarten und Berg-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch weitere Laubbaumarten der *Waldgruppe EH* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Buche, Linden-Arten). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner et al. 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe, liegende Stämme, etc. rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit es nur zum Bremsen kommt, und nicht dazu, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus abgelagerte Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es also besser darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern (Eichenarten) und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

10. EHb – Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte

in der mäßig warmen Laubwaldzone

Tabelle 10.1: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EHb* – Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte in der mäßig warmen Laubwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
EHb56c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	sehr frisch bis feucht	0,01 ha / 0,00 %
EHb34g	basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich	mäßig frisch bis frisch	98 ha / 0,9 %
EHb5grm	basengesättigt bis basenhaltig	feinerdereiche Karbonatgesteine bis intermediäre Silikatgesteine	sehr frisch	15 ha / 0,1 %
EHb6grm	basengesättigt bis basenhaltig	feinerdereiche Karbonatgesteine bis intermediäre Silikatgesteine	feucht	4.861 ha / 45,2 %
EHb34r	basenreich	basenreiche Silikatgesteine	mäßig frisch bis frisch	2.394 ha / 22,3 %
EHb34m	mäßig basenhaltig	intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch bis frisch	3.383 ha / 31,5 %

Charakteristika

Verbreitung

Die Waldgruppe der Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte (EHb) kommt auf 10.751 ha (1,0 % der Waldfläche) in der Steiermark vor. Sie tritt vor allem im unteren Murtal in der **mäßig warmen Laubwaldzone** auf. Auch diese korrespondiert mit der klassisch definierten collinen Höhenstufe.

Baumartenspektrum

Hainbuche, Trauben-Eiche, Stiel-Eiche, Edelkastanie, Zerr-Eiche, Flaum-Eiche, Buche, Lärche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Flatter-Ulme, Vogel-Kirsche, Schwarz-Erle, Sommer-Linde, Winter-Linde, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Walnuss, Eibe, Birke, Mehlbeere, Vogelbeere, Elsbeere, Speierling, Wild-Birne, Zitter-Pappel, Sal-Weide, Hopfenbuche, Manna-Esche, Stechpalme

Gastbaumarten

Balkan-Eiche (= Ungarische Eiche, *Quercus frainetto*), Douglasie, Rot-Eiche, Libanon-Zeder

Strukturen

Vielfältig; aktuell hoher Anteil an buchendominierten Beständen; bei Buchendominanz Tendenz zu einschichtigen Hallen-Beständen; Stiel-Eiche und Trauben-Eiche treten immer wieder beigemischt auf; seltener sind von Eiche dominierte Waldbestände; in den Mur-Auen sind Bestände aus Eichenarten, Schwarz-Erle und Esche (u.a.) ausgebildet; auch finden sich Fichtenreinbestände und Fichten-Lärchen-Bestände, sowie Rot-Kiefernreinbestände.

10.1 Standorte heute



Abbildung 10.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppe EHb* in der mäßig warmen Laubwaldzone der Steiermark. Datenbasis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EHb – Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte* kommen in den wärmsten Zonen des unteren Murtals (plus Seitentäler) in der Steiermark vor (Abb. 10.1), und korrespondieren aktuell mit der mäßig warmen Laubwaldzone. Diese erstreckt sich im Kernbereich etwa zwischen 200 m und 300 m Seehöhe (Abb. 10.5). Die *Waldgruppe EHb* ist in der Steiermark flächenmäßig nur kleinräumig verbreitet und nimmt aktuell 10.751 ha ein (1,0 % der Waldfläche in der Steiermark). Sie ist aktuell die einzige Waldgruppe in der mäßig warmen Laubwaldzone. In der Klimazukunft kann sich die *Waldgruppe EHb* von der sehr warmen Laubwaldzone bis in die mäßig warme Laubwaldzone erstrecken.

Die Baumartenvielfalt der *Waldgruppe EHb* ist groß. Es gedeihen aktuell vor allem Buche, Trauben-Eiche, Stiel-Eiche und Hainbuche. Darüber hinaus sind Edelkastanie, Zerr-Eiche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Flatter-Ulme, Walnuss, Vogel-Kirsche, Sommer-Linde, Winter-Linde, Schwarz-Erle, Lärche, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Eibe, Birke, Mehlbeere, Elsbeere, Speierling, Zitter-Pappel, Sal-Weide und Vogelbeere hervorzuheben.
Dabei ist auch anzumerken, dass die vom Ulmensplintkäfer verbreitete Pilzkrankheit in der Vergangenheit zu großflächigem Absterben der Berg-Ulme geführt hat und auch heute immer noch insbesondere bei mittelalten bis älteren Bäumen zum Ausfall führt. Ähnlich ist die Situation bei den Eschen, wo das Eschensterben derzeit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung dieser Baumart nicht zulässt.

Die sehr warme Laubwaldzone ist eine Waldvegetationszone, welche auch die waldbauliche Verwendung von diversen Gastbaumarten, allen voran Balkan-Eiche (= Ungarische Eiche, *Quercus frainetto*) sowie Douglasie, Rot-Eiche und Libanon-Zeder erlaubt.

Aktuell treten die Eichenarten vor allem beigemischt auf, denn die Buche und die Hainbuche sind in den Laubwäldern zumeist dominant. Von Stiel-Eiche dominierte Waldbestände sind zumeist auf Auwald-Standorten zu finden (separat beschrieben in der Waldgruppe Sonderwaldstandorte). Reine Nadelbaumbestände (Fichte, Rot-Kiefer und Fichte-Lärche) treten aufgrund der historisch bedingten Präferenzen in der Bewirtschaftung ebenfalls auf.

Die für die aktuellen Klimabedingungen bereits am besten geeigneten Baumarten wie Flaum-Eiche, Zerr-Eiche oder die fremdländische Balkan-Eiche treten aktuell noch nicht in den Waldbeständen der *Waldgruppe EHb* auf. Die bereits zu beobachtende Klimaveränderung in den letzten 40 Jahren hat dazu geführt, dass sich zwar die Standortsbedingungen zugunsten der namensgebenden Baumart für diese Standorte verändert haben, aber die Waldbestände der *Waldgruppe EHb* aktuell noch keine Individuen der genannten Baumarten aufweisen. Deshalb sind die Rahmenbedingungen für die Umsetzung von waldbaulichen Maßnahmen in dieser Waldgruppe sehr speziell.

Unterhang-Standorte der Talschaften in der *Waldgruppe EHb*

Auf Unterhangstandorten in den größeren Gräben und Talschaften herrschen innerhalb der *Waldgruppe EHb* Standortsbedingungen, welche das Wachstum der Baumarten Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn und Esche begünstigen. Dies sind klassische Ahorn-Eschen-Waldstandorte. Durch die Akkumulation von Mineralboden- und Humusstoffen kommt es zu einer Anreicherung von Basen und Nährstoffen, also zu klassischen „Gewinnlagen“ im standortskundlichen Sinn. Diese Standorte können in den Karten nicht räumlich explizit dargestellt werden, sie sind lokal am relativ starken Auftreten der Hasel in der Strauchschicht und an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart, Hochstauden oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Die Höhenerstreckung dieser Standorte liegt zwischen 50 m und 200 m auf den Unterhängen.

Stark pseudovergleyte Sonderwald-Standorte und Auwald Standorte

Grundsätzlich sind die stark pseudovergleyten Sonderwald-Standorte (Kategorie „P“) und die Auwald-Standorte (Kategorie „A“) auf den Flächen der *Waldgruppe EHb* potenziell ausgebildet. Die Standortseinheit EHb6grm beispielsweise umfasst zumeist Auwald-Standorte entlang der Mur (vgl. die Ausführungen zu den Sonderwaldstandorten der Kategorie „A“). Daher ist es zu empfehlen, für Flächen der *Waldgruppe EHb* auch die Karte der Sonderwald-Standorte einzubeziehen, um eine eindeutige standörtliche Zuordnung zu ermöglichen.

Relief

Es sind in der *Waldgruppe EHb* der Steiermark alle Spielarten des Reliefs ausgebildet, wobei einerseits Flachstandorte im Murtal und andererseits Oberhänge, Kuppenstandorte, Mittelhanglagen und Unterhanglagen an den Einhängen des Murtals und seiner Seitentäler ausgebildet sind. Die Landschaftselemente sind zumeist sanft ausgeprägt. Die Schutzwaldfunktion der Waldbestände der *Waldgruppe EHb* ist überall dort, wo Steillagen mit hohen Felsanteilen ausgebildet sind, von

Bedeutung. Dabei kommen in der *Waldgruppe EHb* Schutzwälder allerdings nur selten und äußerst kleinflächig vor.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der mäßig warmen Laubwaldzone der *Waldgruppe EHb* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 10,1 °C. Dabei schwankt die Jahresmitteltemperatur zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten kaum, in EHb6grm ist sie mit 10,1°C am höchsten, in EHb34g ist sie mit 9,9°C am geringsten (Abb. 10.2). Die hohe Wärmeversorgung bedingt, dass in der Waldgruppe aktuell eine sehr große Baumartenvielfalt ausgebildet ist.

Der **Jahresniederschlag** in der mäßig warmen Laubwaldzone der *Waldgruppe EHb* betrug im Zeitraum 1989-2018 rund 857 mm. Die Jahresniederschlagssumme in dieser Waldvegetationszone ist aufgrund der Lage im unteren Murtal eher im niedrigen Bereich angesiedelt. Dabei schwankt der Jahresniederschlag zwischen den einzelnen Waldstandortseinheiten weniger stark als in anderen Waldgruppen, in EHb56c ist der Wert mit 937 mm am höchsten, in EHb34r ist der Wert mit 842 mm am geringsten (Abb. 10.2). Grundsätzlich variiert der Jahresniederschlag gemäß den Regionen der Steiermark.

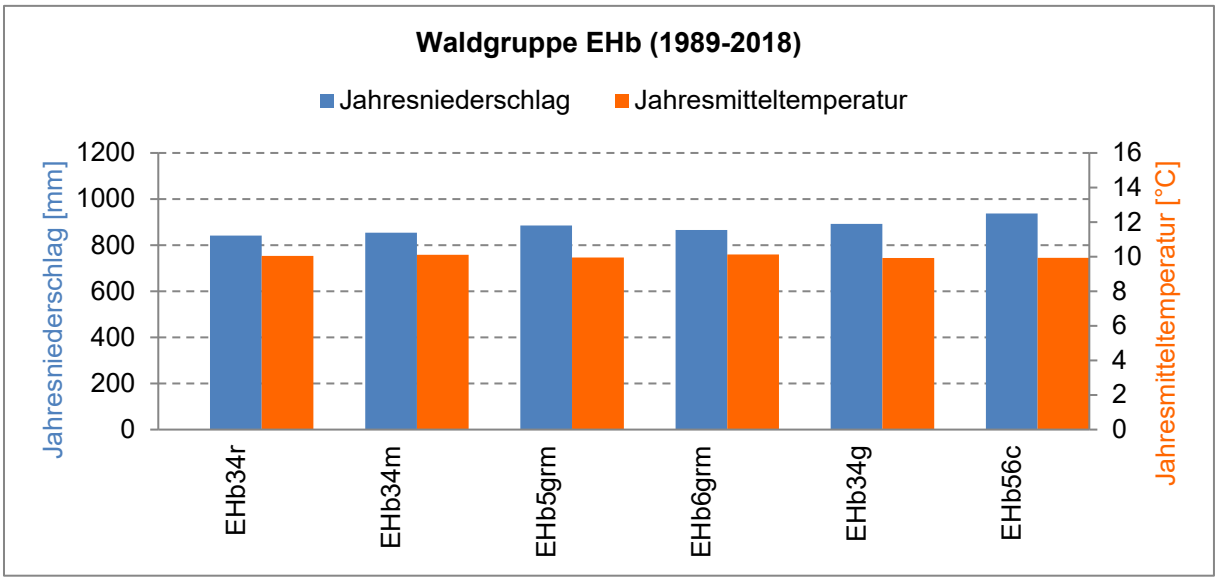


Abbildung 10.2: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EHb* für den Zeitraum 1989-2018 in der Steiermark.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasserspeicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. In der *Waldgruppe EHb* sind die Wasserhaushaltsstufen „mäßig frisch“ bis „feucht“ definiert, am weitesten verbreitet sind die Stufen „mäßig frisch bis frisch“ (EHb34m und EHb34r) und „feucht“ (EHb6grm) – siehe Tab. 10.1.

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab. Auf sauren Grundgesteinen kann sich Hainbuche nicht etablieren und fehlt daher dort. In der mäßig warmen Laubwaldzone treten heute keine sauren oder sehr sauren Substrate auf (Basenklassen „u“ und „e“). Sonst wäre dort die *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte) ausgeschieden. Stiel-Eiche und Trauben-Eiche haben keine Präferenzen bezüglich Basengehalt der Standorte. Allerdings werden von diesen beiden Baumarten feinerdereiche und tiefgründige Böden bevorzugt. Alle Baumarten der *Waldgruppe EHb* können die Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen.

Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EHb* angezeigt. Die nährstoffreichste Standortseinheit ist durch basenreiche Substrate mit einer guten Wasserversorgung bedingt (EHb34r). Am wenigsten Nährstoffe zeigen Standorte mit der nährstoffarmen Basenklasse „c“, welche aber eine sehr gute Wasserversorgung aufweisen (EHb56c, sehr frisch bis feucht, nur auf wenigen Quadratmetern ausgebildet) - es ist das ein karbonatischer Auwald-Standort. Die Standortsunterschiede bezüglich der Nährstoff- und Wasserversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen.

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 10.3).

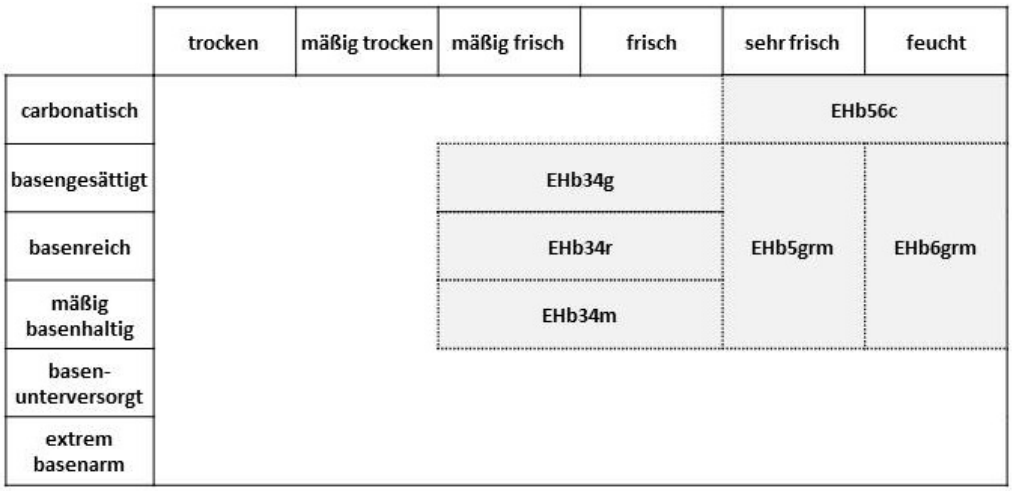


Abbildung 10.3: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EHb* – Balkan-Eichen – Hainbuchenwald-Standorte.

10.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einem annähernden Gleichbleiben der mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandelszenarien) zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EHb* in höhere Lagen der Hügellandschaften in der Steiermark (Abb. 10.4 und 10.5). Die Eichenarten zeigen die angesprochene Temperaturveränderung an, weil sie in der Klimazukunft auf den Lokalitäten der heutigen *Waldgruppe EHb* an Bedeutung gewinnen werden, beziehungsweise werden neue Eichenarten wie etwa die Flaum-Eiche, die Zerr-Eiche oder die Balkan-Eiche (*Quercus frainetto*, besser bekannt als Ungarische Eiche) dort Standortstauglichkeit erlangen. Die *Waldgruppe EHb* wird somit auf Teilbereichen in die *Waldgruppe Elm* (Flaum-Eichenwaldstandorte - *sehr warme bis milde Laubwaldzone)* verändert werden. Die gesteigerte Bedeutung der Eichenarten (Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Zerr-Eiche und Flaum-Eiche) und die Einwanderung der neuen Eichenarten auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EHb* kann nur waldbaulich beschleunigt und unterstützt werden. Das liegt an der hohen Konkurrenzkraft von Hainbuche und Buche – auch wenn die Eichenarten in der Zukunft eine immer bessere Standortstauglichkeit aufweisen, müssen sie durch waldbauliche Maßnahmen gefördert werden, um bestandesbildend etabliert zu werden. Aktuell dominiert in der Steiermark die Buche auch auf vielen Standorten der *Waldgruppe EHb*.

Es ist zu betonen, dass die meisten Baumarten in der *Waldgruppe EHb* in der Klimazukunft ihre Standortstauglichkeit bewahren werden, allerdings wird die Baumarteneignung einiger Baumarten in der Klimazukunft absinken, sodass sie in der Waldgruppe nicht mehr vorkommen werden oder ihre Bedeutung abnehmen wird. Fichte sollte auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EHb* nicht mehr begründet werden, der Grund dafür ist das mit dem prognostizierten Temperaturanstieg einhergehende sehr hohe Risiko für Borkenkäfer-Befall und für Trockenschäden (z.B. Jönsson et al. 2017). Darüber hinaus wird die Standortstauglichkeit von Buche vor allem auf mäßig trockenen und mäßig frischen und sonnexponierten Standorten mit wenig Wasserspeicherkapazität abnehmen. Die Tauglichkeit der Eichenarten (Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Zerr-Eiche, Flaum-Eiche und eventuell Balkan-Eiche oder Rot-Eiche) und weiterer trockenheitsresistenter Baumarten (u.a. Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Winter-Linde, Sommer-Linde, Douglasie) wird, wie oben erwähnt, ansteigen, weshalb sie auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EHb* an Bedeutung gewinnen werden.

Als Alternative bieten sich eine Vielzahl von klimafitten Mischungstypen an, welche mit der Baumartenvielfalt in dieser Waldvegetationszone in direktem Zusammenhang stehen.



Abbildung 10.4: Verbreitung der *Waldgruppe EHb* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

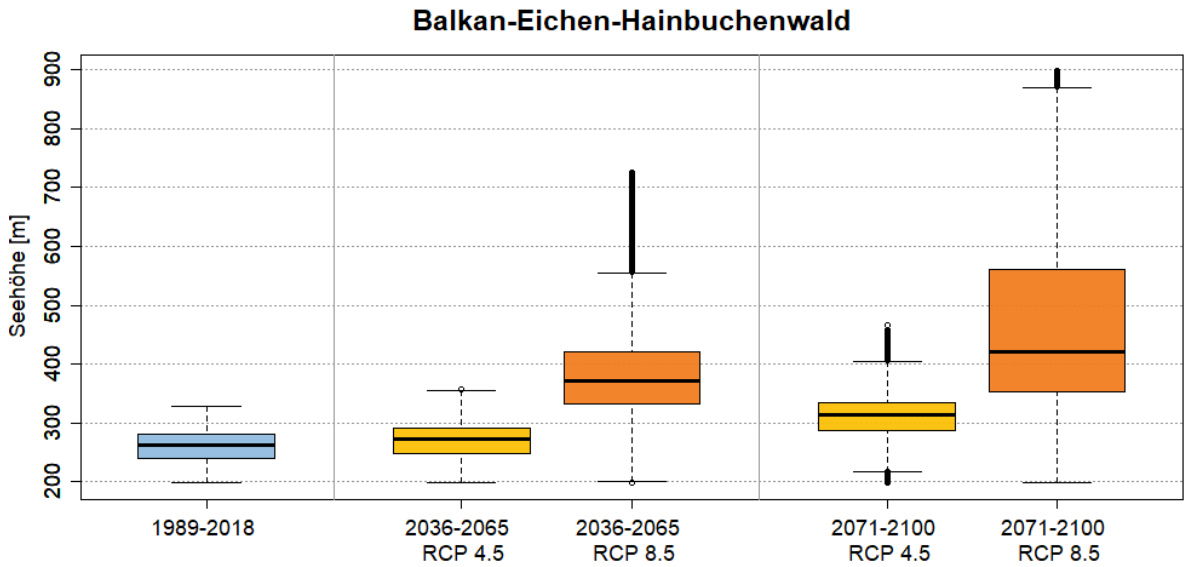


Abbildung 10.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe EHb* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

Der Anstieg der Jahresmitteltemperatur wird in den betrachteten Zeiträumen laut den unterstellten Klimaszenarien deutlich sein, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 10.2).

Tabelle 10.2: Änderung der Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagssumme in der heutigen *Waldgruppe EHb.*

Zeitlinie	**1989 - 2018**	**2085 (RCP 4.5)**	**2085 (RCP 8.5)**
Jahresmitteltemperatur (°C)	10,1 °C	11,7 °C	13,7 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	857 mm	920 mm	895 mm



Abbildung 10.6: Vergleich von Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EHb* für den Zeitraum 2071-2100 für die Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 für die Steiermark.

EHb6grm würde die höchste Jahresmitteltemperatur aufweisen (11,8°C bzw. 13,7°C). Die geringste Jahresmitteltemperatur kommt im Szenario RCP 4.5 in EHb5grm (11,6°C) und im Szenario RCP 8.5 in EHb56c mit 13,5°C zustande.

Der Jahresniederschlag würde in EHb56c am größten (1.006 mm bzw. 967 mm) und in EHb34r am geringsten sein (901 mm bzw. 875 mm) (Abb. 10.6).

10.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf den mäßig frischen bis frischen Standorten (EHb34g, EH34r, EH34m) kann Vergrasung als Folge von großflächigen Nutzungen eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auf sehr frischen bis feuchten und nährstoffreichen Standorten (EHb5grm, EHb6grm) können wiederum Farne und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: Saure Standorte (Basenklasse „u“ und „e“) sind in der *Waldgruppe EHb* nicht präsent, weshalb Bodenversauerung kein limitierender Faktor ist. Trotzdem können Standorte durch großflächige Kahlschläge oder intensive Biomasse-Nutzung degradiert werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoffauswaschung bzw. zu einem Nährstoffentzug, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz, speziell von Ästen und Zweigen einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens darstellen (Scherzinger 1996). Das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde stellt einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppe EHb* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt (Moos et al 2016), was die Standorte langfristig beeinträchtigt und ihre Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in dieser Waldvegetationszone möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden. Möglichst wurzelintensive Baumarten sind zur Bodenstabilisierung zu bevorzugen, wie etwa alle Eichenarten, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn und Hainbuche (Thomasius 1996). Grundsätzlich sind derartige Steillagen in der *Waldgruppe EHb* selten.

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (EHb56c). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte. Diese Standortseinheit (EHb56c) tritt in *Waldgruppe EHb* nur kleinflächig auf.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der *Waldgruppe EHb* aktuell sehr selten, können aber durchaus auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische Schneefall-Ereignisse im Winter, wodurch Wipfelbruch bei Fichte und Rot-Kiefer auftrat. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichten- und Rot-Kiefer- Stangenhölzer (Fichte ist in EHb bereits relativ selten), da der schwere Schnee auf dem einschichtigen Kronendach abgelagert wird (z.B. Kalberer 2007). Grundsätzlich zählen die Laubbaumarten und somit auch Buche und die Eichenarten, zu den besonders Schneebruch resistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten in der *Waldgruppe EHb* hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann beispielsweise Buchenkronen erheblich schädigen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe EHb* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäule-Bildung, bei Buche Rotkern-Bildung und Weißfäule). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in der *Waldgruppe EHb* jedoch selten auf.

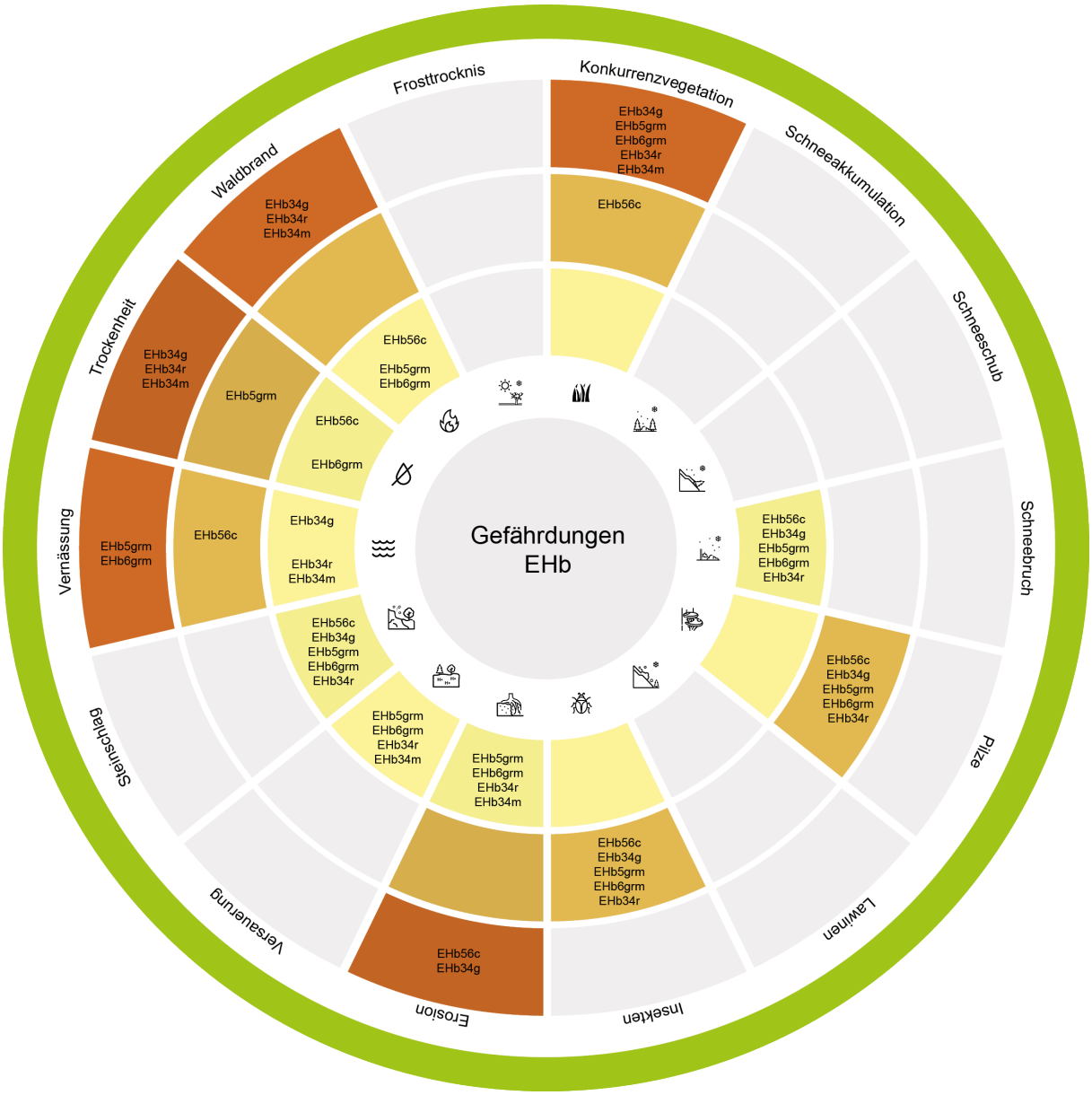


Abbildung 10.7: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EHb.*

Waldbrand: In der *Waldgruppe EHb* ist auf sonnseitigen und mäßig frischen bis frischen Standorten (EHb34g, EHb34r, EHb34m) besondere Waldbrandgefahr gegeben, vorallem wenn dort Nadelbaumreinbestände stocken. Daher ist vor allem auf den sonnseitigen Standorten der

Waldgruppe während Trockenperioden äußerste Achtsamkeit empfohlen, um eine etwaige Brandgefahr zu vermeiden. Während sehr langer Trockenperioden können Brände aber auch schattseitig auftreten. Vorkehrungsmaßnahmen sind während solcher Perioden in der *Waldgruppe EHb* grundsätzlich flächendeckend zu treffen. Laubwaldbestände sind zwar im Allgemeinen weniger gefährdet, dennoch ist in dieser Waldvegetationszone aufgrund der warmen Temperaturen in dieser Höhenlage besondere Vorsicht geboten.

Trockenheit: In großen Bestandeslücken führt direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung. Buche leidet stark unter Trockenheit: Rindenbrand, Rindenrisse und das „Peitschensyndrom" (Einziehen der Krone) treten auf. In der *Waldgruppe EHb* ist das Auftreten von Trockenstress und mögliche Trockenschäden an den Waldbeständen besonders auf den mäßig frischen bis frischen sonnseitigen Standorten gegeben (EHb34g, EHb34m, EHb34r). Am stärksten anfällig dafür sind aktuell stockende Fichtenreinbestände, aber auch Buche reagiert darauf empfindlich. Die Eichenarten können aufgrund ihres tiefreichenden Wurzelsystems Trockenperioden relativ gut überdauern. Sehr lange andauernde Trockenperioden führen auf den meisten Standorten der Waldgruppe und für alle Baumarten zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016). Eine Ausnahme in dieser Hinsicht könnten unter Umständen nur die sehr frischen bis feuchten Auwald-Standorte bilden (EHb5grm und EHb6grm).

Insekten: Die mäßig warme Laubwaldzone birgt aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine erhöhte Gefahr für Borkenkäfer-Kalamitäten. Aktuell sind von **Fichte** dominierte Bestände in der *Waldgruppe EHb* durch Borkenkäfer gefährdet (insbesondere Buchdrucker, weniger Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden und den damit für eine Borkenkäfermassenvermehrung verbundenen besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoring-Maßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind in der *Waldgruppe EHb* auf allen Standorten mit Fichtenbestockung empfohlen.

Die **Buche** ist aktuell vor allem durch den zweifärbigen Buchenborkenkäfer (*Bostrichus bicolor*), den Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*) und die Buchenwolllaus (sowohl *Cryptococcus fagisuga* als auch *Phyllaphis fagi*) gefährdet. Für Schäden durch den Buchenprachtkäfer sind insbesondere freigestellte Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden anfällig, die bereits durch Sonnenbrand vorgeschädigt wurden (Brück-Dyckhoff et al 2019).

Die **Eichenarten** werden durch den Eichen-Prozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) immer wieder geschädigt. Darüber hinaus sind auch häufige Gradationen blattfressender Schmetterlingsraupen wie Eichenwickler (*Tortrix viridana*), Frostspanner (*Operophtera brumata*) und Schwammspinner (*Lymantria dispar*) als Gefährdung zu sehen. Der Zweifleckige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) gilt zwar als Folgeschädiger, kann aber als solcher auch bedeutsam werden, insbesondere in Verbindung mit dem Vorkommen bestimmter schädigender Bakterien, deren Wirken in Großbritannien als „Acute Oak Decline" zusammengefasst wird. Hierzulande als „Akutes Eichensterben" bezeichnet, wurden die Bakterien inzwischen auch nachgewiesen.

Für aktuell eventuell noch bestehende **Tanne** sind Gefahren bezüglich Schädlingsbefall vor allem im Hinblick auf die Tannentrieblaus gegeben. Während die Weiß-Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weiß-Tannentrieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeschleppten Arten,

die Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia merkeri*) als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999). In der mäßig warmen Laubwaldzone der *Waldgruppe EHb* besteht für den Befall mit Tannentrieblaus ein relativ hohes Risiko.

Bei **Lärchen** sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*) dokumentiert.

Pilzerkrankungen: Die **Eichenarten** sind in der Jungwuchsphase durch die Eichenwurzelfäuleerreger (beispielsweise *Cylindrocarpon destructans*) gefährdet. Die Wurzeln der Eichen können auch durch Pilze der Gattung *Phytophthora* geschädigt werden. Verbreitet ist der blattschädigende Eichen-Mehltau (*Erysiphe alphitoides*), welcher zumeist als Folge von Trockenperioden insbesondere an Johannistrieben zu verfrühter Blattwelke führen kann. Der Eichenmehltau befällt die heimischen Eichenarten, verschont aber weitgehend die nordamerikanische Rot-Eiche.

Wurzelfäuleerreger an **Buche** sind Riesenporling (*Meripilus giganteus*) und Hallimasch (*Armillaria mellea*). Buchenkrebs (*Nectria galligena*), Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) und die Krautfäuleerreger (z.B. die Buchenkeimlingskrankheiten *Phytophtora cactorum* und *Pythium spp.*) können ebenfalls lokal zu einem Problem werden (Ebner und Scherer 2001; Altenkirch et al. 2002).

Bei **Lärche** können Pilzerreger die Lärchennadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadelvergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall absterben. Lärchenkrebs kann in Lagen hoher Luftfeuchte und insbesondere in dichten Beständen mit zu geringer Durchlüftung zur Schwächung oder sogar zum Ausfall der Baumart führen.

Die **Esche** ist in Österreich seit dem Jahr 2005 stark vom Eschentriebsterben betroffen, welches in einigen Talschaften der Steiermark nahezu alle Eschen geschädigt oder zum Absterben gebracht hat. Die Befallsintensität ist in der Steiermark regional sehr unterschiedlich. Vor allem auf den Unterhangstandorten, wo Esche gemeinsam mit den Ahornarten große Bedeutung hat, und in Tallagen (Bach begleitend) ist die vom Falschen Weißen Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöste Pilzerkrankung regional sehr massiv. Eine erfolgreiche Umsetzung forstlicher Vorhaben kann derzeit nicht erwartet werden, womit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung für diese Baumart derzeit nicht möglich ist. Trotzdem ist hervorzuheben, dass vereinzelte vitale Eschen die Auswirkungen der Krankheit auch überwinden werden können und die Baumart somit in waldbauliche Entscheidungen mit einbezogen werden kann.

Ein zu beachtendes Risiko für die **Edelkastanie** ist der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica* oder synonym *Endothia parasitica*), verschiedene Fäuleerreger (etwa *Phytophthora* spp.) (Conedera et al 2021) und auch die Ringschäle, die insbesondere bei Bäumen über 35-40 cm Durchmesser häufig auftritt. Edelkastanie ist in der *Waldgruppe EHb* eine weit verbreitete Baumart.

In der Abb. 10.7 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EHb* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

10.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lässt steigende Risiken für die Waldbestände und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 10.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Die Widerstandsfähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe EHb* gegen Auswirkungen des Klimawandels soll durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Resilienz ist die Fähigkeit der Wälder in der *Waldgruppe EHb*, nach Störungen wieder zu erwünschten Zuständen zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Diversität und Diversifizierung der Wälder in der *Waldgruppe EHb* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In der *Waldgruppe EHb* in der *mäßig warmen Laubwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände im Klimawandel aufgrund der großen Baumartenvielfalt in spezifischer Form gegeben (Abb. 10.8). Vom Begründen von Fichtenreinbeständen innerhalb der *Waldgruppe EHb* ist aufgrund des Klimawandels dringend abzuraten. Als Alternative dazu bieten sich eine Vielzahl von Mischungstypen an, was mit der Baumartenvielfalt in dieser Waldvegetationszone in direktem Zusammenhang steht. Dazu ist in allen Fällen die Ausgangslage zu beachten, also die Frage, ob es sich aktuell um Eichendominierte Waldbestände, Buchendominierte Laubwaldbestände mit Eiche, um Laubmischwaldbestände von Tannen und Buche, oder Rot-Kiefer und Buche, oder Nadelwaldbestände von Fichte und Lärche oder reine Fichtenbestände handelt. In diesem Kapitel wird diesen unterschiedlichen Ausgangslagen Rechnung getragen und alle empfohlenen Maßnahmen dahingehend entwickelt.

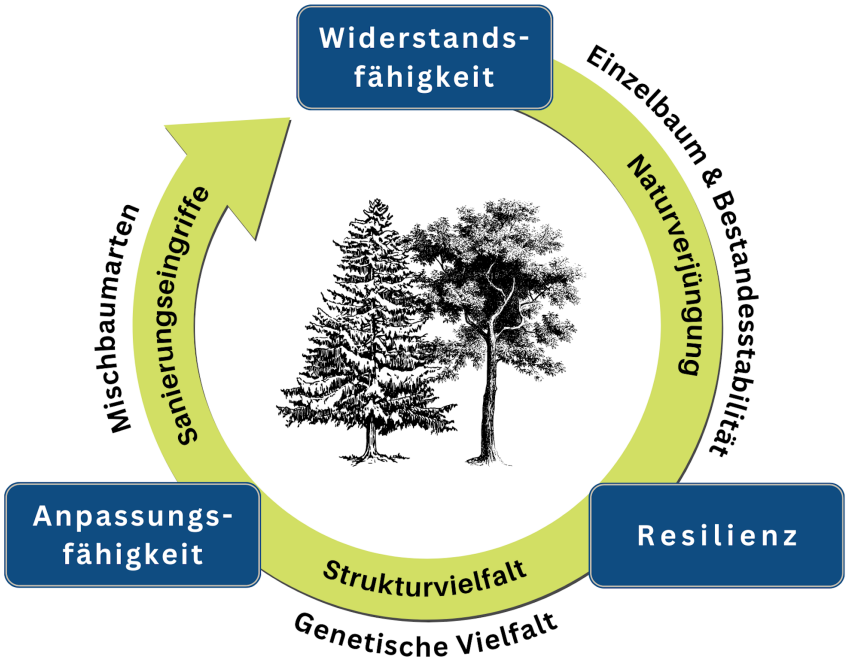


Abbildung 10.8: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

10.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungsverfahren oder Kunstverjüngungsverfahren oder beides in Kombination anzuwenden ist, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Dabei ist die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen zentraler Aspekt der Resilienz und Widerstandsfähigkeit. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (Windwurf, Borkenkäferkalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in den Waldbeständen der *Waldgruppe EHb* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz zu verbessern.

Die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) vermögen die Substrate der *Waldgruppe EHb* effizient aufzuschließen und sind zumindest in der Krautschicht zumeist präsent. Für eine erfolgreiche Entwicklung im Jungwuchsstadium und darüber hinaus benötigen sie ausreichend Lichtgenuss (Lichtbaumarten) und Raum für ihre Kronenausbildung. Voraussetzung dafür sind allerdings waldökologisch tragfähige Wildstände (Eiche wird stark verbissen, darüber hinaus werden die Eicheln von Wildschweinen gefressen) sowie die Regelung der Hainbuchen- und Buchenkonkurrenz (Mischungsregulierung) und wie erwähnt, die Regelung der Lichtverhältnisse im Bestand. Die neuen Eichenarten in der Waldgruppe, wie Zerr-Eiche, Flaum-Eiche und Balkan-Eiche, müssen künstlich eingebracht werden. Für die Balkan-Eiche gilt die Empfehlung zur Anlage von Versuchsflächen, um zu demonstrieren, wie sich diese Gastbaumart unter den heute wirksamen Klimabedingungen auf den vorgeschlagenen Standorten etablieren kann.

Die Hainbuche kann sich bei Präsenz im Altbestand in der Regel vital und individuenreich verjüngen und hat eine derart große Konkurrenzkraft, dass sie die Eichenarten ohne waldbauliche Mischungsregulierung zumeist überwächst.

Die Buche ist in dieser Waldvegetationszone in der Steiermark konkurrenzstark und etabliert sich, so sie in der Baumschicht vorhanden ist, in der Naturverjüngung zahlreich und vital. Besonders die basenreichen Substrate der *Waldgruppe EHb* fördern die Buchen-Naturverjüngung. Grundbedingung für eine erfolgreiche Buchenverjüngung sind wiederum waldökologisch tragfähige Wildstände. Die Buche verliert in der Klimazukunft in *Waldgruppe EHb* rasch ihre gute Eignung.

Auf sehr sauren Substraten (Basenklasse „e“ – extrem basenarm und „u“ – basenunterversorgt) können sich Buche und Hainbuche jedoch nicht so dominierend etablieren, daher werden jene in der

mäßig warmen Laubwaldzone von der *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte) besiedelt. Buche tritt in *Waldgruppe EIK* zwar auf, ist dort aber meist auf Standorte der Basenklasse „u“ limitiert.

Tanne ist auf allen Standorten der *Waldgruppe EHb* in der Steiermark noch konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn sie im Altbestand vorhanden ist und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Sie verliert in der Klimazukunft in EHb jedoch sehr rasch ihre gute Eignung. Die Ausbreitung von Tannensamen durch Vögel kann bei Vorhandensein von Samenbäumen einen relativ großen Raum durch Naturverjüngung abdecken.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppe EHb* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Trotzdem wird Beimischung von Lärche in der *Waldgruppe EHb* vor allem mittels Kunstverjüngung bewerkstelligt werden - im Gegensatz zu höher gelegenen Waldvegetationszonen. In der Klimazukunft verliert Lärche in EHb rasch ihre aktuell noch gute Baumarteneignung.

Die Fichte wurde auf den Standorten der *Waldgruppe EHb* in der Steiermark vor allem mittels Kunstverjüngung etabliert. Sie hat in der Waldgruppe bereits heute bezüglich Baumarteneignung immer mehr an Bedeutung verloren. In der Klimazukunft wird ihre Eignungszahl noch weiter abnehmen. Wenn sich Fichte über Naturverjüngung etabliert, sind Baumartenanteile von mehr als 30% im Hinblick auf die zukünftige Widerstandsfähigkeit der Bestände jedenfalls zu vermeiden. Bei der Mischungsregulierung in der Jungwuchs- und Dickungspflege ist hierauf besonders Augenmerk zu legen, damit die Anteile der Hauptbaumarten im zukünftigen Bestockungsziel erreicht werden können (siehe Tab. 10.4).

Die vielfältigen Mischbaumarten der *Waldgruppe EHb* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens in der Regel mittels Naturverjüngung etablieren, Edelkastanie bei Präsenz in der Baumschicht vor allem auf mäßig frischen bis frischen tiefgründigen Standorten, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn und Esche vor allem auf Unterhängen oder auf Standorten mit basenreichen Böden, Vogel-Kirsche auf basenreichen und frischen Standorten, Sommer-Linde und Winter-Linde auf allen Standorten die nicht feucht sind, Mehlbeere vor allem auf Karbonat-Standorten, Berg-Ulme auf Unterhängen und relativ basenreichen Standorten, Birke auf allen Standorten und insbesondere auf sonnigen Kahlflächen, Rot-Kiefer auf mäßig frischen Rücken oder Kuppen, Vogelbeere auf allen Standorten und Eibe auf allen Standorten, aber gehäuft auf dolomitischem Untergrund. Die relativ seltenen Baumarten Elsbeere, Wildbirne und Speierling jedoch werden in den meisten Fällen mittels Kunstverjüngung zu etablieren sein, ebenso die Schwarz-Kiefer.

Bei der künstlichen Einbringung von Mischbaumarten sind diese wirksam gegen Wildverbiss zu schützen, weil ansonsten diese Baumarten bei den derzeitigen Schalenwildbeständen nicht erfolgreich etabliert werden können.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in der *Waldgruppe EHb* von zentraler Bedeutung für die Widerstandsfähigkeit und Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die große Vielfalt an Baumarten, welche in der *Waldgruppe EHb* gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Eine Reduktion des Risikos flächiger Trockenschäden kann durch Einbringung trockenresistenter Mischbaumarten erzielt werden. Der große Konkurrenzdruck der Hainbuche und

der Buche auf andere Baumarten erfordert das gruppenweise Einbringen von konkurrenzschwächeren Lichtbaumarten (z.B. die Eichenarten) bzw. eine gezielte Mischungsregulierung im Jungwuchs- und Dickungsstadium und Förderung bis ins Baumholzstadium. Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Verbesserung der Einzelbaum- und Gruppenstabilität

Die beste Widerstandsfähigkeit in der *Waldgruppe EHb* weisen **Eichen-Hainbuchen-Bestände** auf. Es wird für die Eichenarten (aktuell Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) empfohlen, während aller Bestandesentwicklungsphasen ausreichend Lichtgenuss und Kronenraum sicherzustellen, damit großkronige Individuen mit optimalen H/D-Werten (< 0,8) erzielt werden können. Die Hainbuche als dienende Baumart zur Umfütterung der Eiche verbessert durch ihre Präsenz in der Mittelschicht das Bestandesklima und erhöht dadurch wiederum die Bestandesstabilität. Die Vielzahl an möglichen Mischbaumarten sowohl in der Oberschicht (Edelkastanie) als auch in der Mittelschicht (Ahorn-Arten, Ulmen-Arten, Linden-Arten, Buche, Eibe, etc.) trägt weiter zur Stabilisierung der Waldbestände bei. Deshalb ist das Augenmerk bei der Bewirtschaftung dieser Waldbestände auf die gezielte Förderung und Erhaltung der vorhandenen Baumartenvielfalt zu legen.

In **Buchen-Tannen-Beständen** und **Buchen-Eichen-Beständen** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen (H/D < 0,8) empfohlen. Buche reagiert noch im Baumholzstadium stark auf eine Freistellung durch den Ausbau der Krone. Vorherrschende Buchen im Baum-/Altholzstadium auf tiefgründigen Böden sind kaum durch Kalamitäten gefährdet. Daher ist die gezielte Auslesedurchforstung zur Förderung stabiler Wertholzträger von Buche hilfreich zur Stärkung der Stabilität der Waldbestände. Die Tanne erschließt vor allem tiefgründige Böden der Waldgruppe hervorragend und kann dort beachtliche Dimensionen erzielen. Die Förderung der Bestandesstabilität erfolgt vor allem durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzelsystem, wodurch Tanne als Stabilitätsträgerin die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen zu erhöhen vermag. Daher ist die Präsenz von kräftigen Tannen mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität von Waldbeständen. Die Eichenarten haben ebenfalls eine stabilisierende Wirkung auf den Waldbestand. Ihr tiefreichendes Pfahlwurzelsystem kann tiefgründige und staunasse Böden gut erschließen. Die Eichenarten benötigen zur Entwicklung ausreichend Licht, um im Alter die gewünschten H/D-Werte (< 0,8) aufzuweisen, weshalb für sie in allen Bestandesentwicklungsphasen ausreichend Lichtgenuss sicherzustellen ist. Die Förderung von stabilen und vitalen Individuen aller erwähnten Baumarten stärkt wiederum das Bestandesgefüge.

In bestehenden **Fichten-Lärchen-Beständen** der *Waldgruppe EHb* ist auf eine hohe Einzelbaumstabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann. Kurz- bis mittelfristig sollten Fichten-Lärchen-Bestände in der *Waldgruppe EHb* in klimafitte Mischungstypen überführt werden.

In einschichtigen **Fichtenreinbeständen** mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D - Werte > 0,8) sind instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen. In jüngeren Fichtenreinbeständen kann durch eine mäßige und wiederholte Auslesedurchforstung die Einzelbaumstabilität erhöht werden. Fichtenreinbestände sind in der *Waldgruppe EHb* sobald es die Bestandesentwicklungsphase erlaubt in passende klimafitte Mischungstypen überzuführen.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Die **Eichenarten** sind vor Befall durch die diversen genannten Pilze (*Cylindrocarpon destructans, Phytophthora* spp., *Erysiphe alphitoides)* nur schwer zu schützen. Insbesondere bei Mehltaubefall begünstigt ein Zurückschneiden der befallenen Äste nur das Weiterbestehen des Pilzes und ist daher zu vermeiden. Sollten die **Eichenarten** mit Eichen-Prozessionsspinner befallen sein, sind unbedingt Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen. Menschen sollten aufgrund der gegebenen Gesundheitsgefährdung Abstand halten. Weitere Maßnahmen sind mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Vermehrungen von Borkenkäfern haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** in der *Waldgruppe EHb* besonders stark betroffen. In dieser Waldvegetationszone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten eines etwaigen Borkenkäferbefalls zu legen. Grund dafür sind die regional noch vereinzelt verbreiteten Fichtenbestände in Kombination mit milden Jahresmitteltemperaturen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen, um die Populationsentwicklung der Schädlinge zu beobachten. Laubwaldbestände sind in der mäßig warmen Laubwaldzone die beste Strategie, um der Gefährdung durch die Borkenkäfer zu begegnen. Dazu werden für die verschiedenen Ausgangslagen in der Waldgruppe geeignete klimafitte Mischungstypen definiert.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen (z.B. die Lärchenschütte *Mycosphaerella laricina*) auf, welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Durch waldbauliche Maßnahmen können allerdings auftretende Pilzerkrankungen an Lärche nicht vermieden werden. Die Mischung mit Laubbäumen hilft allerdings, die Sporenausbreitung zu vermindern. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*) dokumentiert. Rechtzeitiges Entfernen der von Bockkäfer befallenen Lärchen kann den Populationsdruck verringern.

Die **Buche** kann vor Schäden durch den Buchenprachtkäfer durch das Vermeiden von plötzlichen Freistellungen und der daraus verminderten Anfälligkeit der Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden, bewahrt werden. Darüber hinaus wird dadurch auch die Entwicklung von „Buchensonnenbrand“ vermieden.

Dem Triebsterben bei **Esche** wird bereits durch die Forschungsarbeiten zum Vermehrungsgut strategisch begegnet. Es wird beabsichtigt, resistente Individuen von Esche ausfindig zu machen und zu vermehren, um diese Edellaubbaumart für forstliche Zwecke weiterhin verwenden zu können. Zukünftig sollen mehr als dreihundert resistente Klone bereitstehen, die den Grundstock für eine weitere Vermehrung bieten sollen.

Für **Tanne** sind Gefahren bezüglich eines Schädlingsbefalls mit der Tannentrieblaus durch das Vermeiden einer plötzlichen Freistellung von Tannen im Jungwuchs/Dickungsstadium vermeidbar. Die Schattbaumart Tanne ist am besten unter Schirm zu verjüngen.

Die **Edelkastanie** kann in Bezug auf den Kastanienrindenkrebs nur durch resistente Individuen ersetzt werden, wobei darauf zu achten ist, dass alte Stockausschläge nicht resistenter Individuen hintangehalten oder vernichtet werden. Auch verschiedene Fäuleerreger (*Phytophthora* spp) können der Edelkastanie gefährlich werden, wenn sie etwa nicht ausreichend Lichtgenuss erfährt.

10.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In der *Waldgruppe EHb* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels, in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen, in starker Form gegeben. Besonders die reinen Fichtenbestände sind schon aktuell einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Schon heute ist (mit Blick in die Klimazukunft) von der Kultur von Fichte auf den Standorten der *Waldgruppe EHb* abzuraten. Sollte Fichte durch Naturverjüngung aufkommen, sind Anteile von mehr als 30 % im Jungwuchs zu vermeiden, und zwar aufgrund des hohen Ausfallrisikos. Weite Bereiche der heutigen *Waldgruppe EHb* werden sich aufgrund des prognostizierten Temperaturanstieges in Richtung der *Waldgruppe EIm* (Eichenwald-Standorte, [sub]mediterran (Flaum-Eiche) – sehr warme bis milde Laubwaldzone) verändern. Das bedingt, dass die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) in der Klimazukunft auf den heutigen Standorten der *Waldgruppe EHb* eine erhöhte Tauglichkeit und Konkurrenzkraft aufweisen werden. Darüber hinaus können die Zerr-Eiche und die Flaum-Eiche in klimafitte Mischungstypen integriert werden oder es kann die Balkan-Eiche bezüglich ihrer Standortstauglichkeit getestet werden. Dennoch werden sich die Eichenarten zumeist nur durch spezifische waldbauliche Konzepte etablieren lassen, welche die hohe Konkurrenzkraft der Hainbuche und der Buche – Hainbuche wird auf den meisten Standorten der *Waldgruppe EHb* auch für die Klimazukunft eine hohe Eignungszahl aufweisen - berücksichtigen. Außerdem stockt auf vielen Standorten der *Waldgruppe EHb* heute keine Eiche im Altbestand, weshalb oftmals auf Kunstverjüngung und Saat zur Etablierung von Eichenarten zurückgegriffen werden muss. Die größte Hürde für die Etablierung der Eichenarten als dominante Baumarten der *Waldgruppe EHb* sind allerdings der Wildverbiss und der Samenfraß.

Um die optimale Anpassungsfähigkeit der Waldökosysteme im Klimawandel sicherzustellen, ist in dieser Waldvegetationszone vor allem auf die Erzielung von stabilen und möglichst adäquat gemischten Waldbeständen zu achten. Man kann folglich aktuell mit dem Etablieren von passenden klimafitten Mischungstypen beginnen, unter verstärkter Berücksichtigung der diversen Eichenarten. Im Folgenden werden diese für die *Waldgruppe EHb* beschrieben, wobei die wesentlichen unterschiedlichen Ausgangslagen berücksichtigt werden.

Genetische Vielfalt erhalten

Bei Durchforstungen ist der Erhaltung der genetischen Vielfalt Rechnung zu tragen. Die Förderung von Mischbaumarten, die der Zielbestockung eines gewählten Mischungstyps entsprechen, erhöht die Anpassungsfähigkeit. Für Waldökosysteme ist die genetische Vielfalt der Baumarten von besonderer Relevanz. Die über Jahrhunderte entwickelte regionale autochthone genetische Vielfalt der Baumarten ist im Falle von längerem Naturverjüngungsbetrieb an die spezifischen Wuchsbedingungen der Waldvegetationszone angepasst.

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar. Kunstverjüngung muss den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Vermehrungsgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppe EHb* muss dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumartenkombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Mischwaldbestände), während für die reinen Nadelbaumbestände eine Überführung in Laubbaumdominierte Bestandesformen notwendig wird. Die Dominanz von Laubbaumarten verbessert in dieser Waldgruppe die Bestandesstabilität und Resilienz insgesamt (Valinger and Fridman 2011; Jactel et al. 2017), außerdem kann es besonders auf ärmeren Standorten zu einer verbesserten Bestandesleistung insgesamt kommen (Pretzsch et al. 2010). Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben.

StEi - Hbu - Li (vor allem Standorte mit Vorkommen von Stiel-Eiche)

Stiel-Eiche bringt Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und erschließt die Nährstoffvorräte tiefliegender Bodenschichten. Hainbuche und Linde (Sommer- oder Winter-Linde) sind relativ schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken. Für die Stiel-Eiche muss zur Verjüngung und auch in weiterer Folge ausreichend Licht zur Entwicklung sichergestellt werden. Hainbuche und Linde können als Umfütterung von Stiel-Eiche eingesetzt werden. Die Kombination der drei Baumarten verspricht gutes Wertholzpotenzial.

TrEi - Hbu - Li (vor allem Standorte mit Vorkommen von Trauben-Eiche)

Trauben-Eiche bringt Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und erschließt die Nährstoffvorräte tiefliegender Bodenschichten. Hainbuche und Linde (Sommer- oder Winter-Linde) sind relativ schattentolerant und verjüngen sich bereits unter Schirm oder in kleinräumigen Bestandeslücken. Für die Trauben-Eiche hingegen muss zur Verjüngung und auch in weiterer Folge ausreichend Licht zur Entwicklung sichergestellt werden. Hainbuche und Linde können als Umfütterung von Trauben-Eiche eingesetzt werden. Die Kombination der drei Baumarten verspricht gutes Wertholzpotenzial.

TrEi - Hbu - FAh - (BaEi) (auf den Standorten EHb34g, EHb34r, EHb34m)

Die Mischung zwischen Trauben-Eiche, Hainbuche und Feld-Ahorn bringt einerseits Wertholzpotenzial und andererseits Stabilität im Klimawandel. Die Trauben-Eiche kann flächig dominant etabliert werden, während Hainbuche und Feld-Ahorn in Einzelmischung zur Umfütterung dienen. Durch Versuchsanbauten mit der Balkan-Eiche kann geklärt werden, ob diese Baumart auf den Standorten EHb34g, EHb34r, EHb34m bereits entwicklungsfähig ist.

FlEi - FAh - Elsb (auf den Standorten EHb34g, EHb34r, EHb34m)

In der Klimazukunft könnte Flaum-Eiche auf weiten Flächen der *Waldgruppe EHb* die dominierende Baumart werden. Zu Demonstrationszwecken wäre die Begründung der Mischung Flaum-Eiche, Feld-Ahorn und Elsbeere eine gute Möglichkeit, Waldbesitzer mit einer alternativen Baumartenkombination vertraut zu machen. Alle drei Baumarten können bereits unter den heute wirksamen Klimabedingungen gedeihen, das Potenzial der Flaum-Eiche auf den wüchsigen Standorten der Waldgruppe ist aktuell sicherlich noch unterschätzt, obwohl sie eine bessere Toleranz gegenüber Trockenheit als Stiel-Eiche und Trauben-Eiche zeigt.

StEi - SEr - Hbu (auf den Standorten EHb6grm und EHb5grm)

Der Standort EHb6grm ist vor allem im Auwald der Mur anzutreffen, weshalb er auch im Sonderwald-Standortmodell unter der Rubrik „A“ beschrieben ist. Stiel-Eiche in der Oberschicht und Schwarz-Erle mit Hainbuche in der Mittelschicht ist eine taugliche Mischung für die feuchten Auwald-Standorte entlang der Mur. Die Stiel-Eiche und die Schwarz-Erle kommen mit den spezifischen Verhältnissen sehr gut zurecht, auch Hainbuche kann sich stabil entwickeln. Mit Stiel-Eiche und Schwarz-Erle ist ausgezeichnetes Wertholzpotenzial gegeben.

StEi - Hbu - SAh (vor allem Standorte mit Vorkommen von Stiel-Eiche)

Stiel-Eiche in der Oberschicht und Hainbuche in der Mittelschicht stellen eine klassische Form der Eichenwertholzproduktion dar. Der Spitz-Ahorn kann zur Bereicherung der Baumartenvielfalt zusätzlich eingesetzt werden. Die Mischung wird vor allem im Ost- und Weststeirischen Hügelland und im Grazer Becken in der Klimazukunft tauglich sein. Die Stiel-Eiche wird dabei nur mittels gezielter waldbaulicher Maßnahmen zu etablieren sein (Konkurrenzdruck der Hainbuche oder der Buche).

TrEi - Elsb - FAh (vor allem karbonatische Standorte – EHb34g)

Trauben-Eiche und Elsbeere können Wertholz liefern. Elsbeere und Feld-Ahorn sind wärmeliebend und genügsam, auch auf flachgründigen Böden mit geringer Wasserspeicherkapazität. Die Trauben-Eiche kann die Oberschicht bilden, die Elsbeere und der Feld-Ahorn die Mittelschicht. Die Elsbeere ist ausreichend plastisch, um nach Freistellung durch Entnahme der Oberschicht verstärktes Wachstum zu entwickeln. Das ist ein Mischungstyp mit guter Eignung für mehrschichtige und stufige Bestände und wird sogar auf den mäßig frischen karbonatischen Standorten eine probate Alternative darstellen.

StEi - Eka - Hbu (vor allem Standorte mit guter Bonität – EHb34g, EHb34r, EHb34m)

Edelkastanie ist von der Pflege her eine anspruchsvolle Baumart, da sie viel Licht und regelmäßige Freistellung braucht, um Wertholz produzieren zu können. Sie sollte vor allem auf gut nährstoff- und wasserversorgten Standorten mit tiefgründigen Böden angebaut werden. Auf diesen Standorten kann sie bei regelmäßiger Pflege als geeignete Baumart für die Wertholzproduktion in einer wärmeren Zukunft erachtet werden. Sie hat eine ausgeprägte Ausschlagfähigkeit und könnte nach dem Wertholzabtrieb auch im Zuge einer Niederwaldbewirtschaftung weitergenutzt werden (Conedera et al. 2021). Die Stiel-Eiche passt bezüglich ihrer Lichtansprüche sehr gut zur Edelkastanie. Die Hainbuche kann als Halbschatten-Baumart für die Gestaltung der Mittelschicht verwendet werden. Es ist eine sturm- und mäßig trockenresistente Mischung mit zwei ausschlagfreudigen Baumarten. Bei Edelkastanie ist zu beachten, dass schwankende Witterungsbedingungen und unterschiedliche Behandlungsintensitäten zu Wachstumsschwankungen führen können, welche die Wahrscheinlichkeit von Schäden durch Ringschäle erhöht (Husmann et al, 2013).

TrEi - Eka - Li (vor allem Standorte mit guter Bonität – EHb34g, EHb34r, EHb34m)

Trauben-Eichen - Wertholzerzeugung gemeinsam mit Edelkastanie und mit beiden Lindenarten im Nebenbestand: Die Linde (Winter-Linde oder Sommer-Linde) als wärmeliebende Baumart ist „Klimawandel-Gewinnerin“. Trauben-Eiche und Linde ergänzen sich bezüglich Schattentoleranz und Holzeigenschaften. Die Trauben-Eiche und die Edelkastanie können die Oberschicht bilden, und die Linde als schattentolerante Baumart kann in der Mittelschicht die Bildung von Wasserreisern verhindern. Mit Edelkastanie lassen sich neben Wertholz auch Maroni als Waldfrucht nutzen.

Dou - Hbu - SAh (nicht auf den karbonatischen Standorten, nur auf EHb5grm)

Douglasie bietet hohe Wuchsleistungen und eine relativ hohe Trockenresistenz. Eine horstweise Mischung bietet Vorteile hinsichtlich Stabilität und Pflegeintensität. Douglasie in der Oberschicht und Buche und Spitz-Ahorn in der Mittelschicht stellen eine probate Alternative dar. Douglasie wächst deutlich besser in Mischbeständen mit Hainbuche, während die Hainbuche in ihrem Wachstum verglichen mit Reinbeständen unverändert bleibt (Thurm et al. 2016). Darüber hinaus erhöht die Mischung die Resilienz der Waldbestände. Hainbuche und Spitz-Ahorn erhalten durch die gut abbaubare Streu die Standortsgüte, verringern das Risiko und lassen sich leicht verjüngen. Nach Trockenstress im Mischbestand ist die Erholungszeit der Douglasie im Verhältnis zum Reinbestand verkürzt, jene der Buche allerdings verlängert (Thurm et al. 2016).

Die Douglasie ist auf Karbonatstandorten (Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen) nicht zu empfehlen, weil sie auf diesen Standorten im Stangenholz-Stadium Probleme bekommen könnte. Auf Standorten mit Buchendominanz wird die Douglasie nicht ohne intensive Pflegemaßnahmen aufkommen, da sie oft nur mäßig schattentolerant ist und der Lichtbedarf mit dem Alter zunimmt. Erfahrungen mit Unterbau von Douglasie unter Kiefernschirm sind hingegen gut.

Douglasien sind sensibel gegenüber Früh- und Spätfrösten, sowie Frosttrocknis. Auch die Douglasienschütte kann zur Gefährdung werden, daher wird der Anbau von Douglasie explizit nicht für Unterhangstandorte (bzw. Standorte mit häufig hoher Luftfeuchte und Nebel) empfohlen. Durch regelmäßige, kräftige Durchforstungen kann das Infektionsrisiko verringert werden (Schüler und Chakraborty 2021).

RoEi - Hbu - SAh (nicht auf den karbonatischen Standorten, nur auf EHb5grm)

Rot-Eiche kann als raschwüchsigste Eichenart tiefgründige Böden mit ausreichender Basenversorgung sehr gut erschließen und verspricht dort in der Mischung mit Hainbuche und Spitz-Ahorn eine klimafitte Mischung mit ausgesprochenem Wertholzfokus. Rot-Eiche wird aufgrund ihrer Raschwüchsigkeit die Oberschicht bilden, während Hainbuche und Spitz-Ahorn vorerst die Mittelschicht bilden und entweder mit zunehmendem Alter in die Oberschicht vordringen können oder durchgehend die Mittelschicht bilden. Neben der Raschwüchsigkeit ist auch zu beachten, dass die Holzeigenschaften der Rot-Eiche nicht vergleichbar mit den guten Eigenschaften der heimischen Stiel-Eiche und Trauben-Eiche sind.

BaEi - FlEi - Hbu (vor allem auf EHb34g, EHb34r und EHb34m)

Als vorbereitender Schritt in Richtung der zukünftig wirksamen klimatischen Verhältnisse ist das versuchsartige Begründen der Mischung zwischen Balkan-Eiche, Flaum-Eiche und Hainbuche zu empfehlen. Aktuell ist das Verhalten der Balkan-Eiche auf den steirischen Waldstandorten noch in keiner Weise erprobt. Um den WaldbesitzerInnen das Begründen dieser Baumartenmischung zu erleichtern, stellt das Anlegen von Versuchsflächen eine Möglichkeit dar, daraus abgeleitete Erkenntnisse für Beratungszwecke zu nutzen. Die beiden Eichenarten sind am Besten in Gruppen zu etablieren, während die Hainbuche dazwischen in Einzelmischung zur Umfütterung dienen kann. Dabei kann die Flaum-Eiche auch in Agroforstsystemen oder Kurzumtriebsplantagen besonderes Potenzial zur Erzeugung von Brennholz (Energieholz) zeigen.

SAh - FAh (auf Unterhangstandorten der Waldgruppe)

Auf Unterhangstandorten mit auffälliger Präsenz der Hasel ist die Mischung von Spitz-Ahorn und Feld-Ahorn eine stabile Alternative. Spitz-Ahorn kann beachtliche Dimensionen erzielen und Wertholz liefern. Feld-Ahorn ist ebenfalls vielfältig nutzbar. Darüber hinaus können die Baumarten aufgrund ihres Wurzelsystems den Bodenkörper gut stabilisieren und somit auch lokal die Schutzwirkung erhöhen. Waldökologisch tragfähige Wildstände vorausgesetzt, können sich alle zwei Baumarten mittels Naturverjüngung etablieren.

Tabelle 10.3: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppe EHb* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedlicher zukünftiger Waldgruppen.

Lokalität und Spezifikation	**künftige Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
Standorte mit aktuellem Vorkommen von Stiel-Eiche	EHb, EIm	StEi - Hbu - Li
		StEi - Hbu - SAh
Standorte mit aktuellem Vorkommen von Trauben-Eiche	EHb, EIm	TrEi - Hbu - Li
Karbonatische Standorte – EHb34g	EHb, EIm	TrEi - Els - FAh
Standorte mit guter Bonität – EH34g, EH34r, EH34m	EHb, EIm	StEi - Eka - Bu
		TrEi - Eka - Li
		FlEi - FAh - Els
		BaEi - FlEi - Hbu
		TrEi - Hbu - FAh - BaEi
Pseudovergleyte oder Auwald-Standorte – EHb6grm und EHb5grm	EHb, EIm	StEi - SEr - Hbu
Nicht auf karbonatischen Standorten, nur auf EHb5grm	EHb, EIm	Dou - Hbu - SAh
		RoEi - Hbu - SAh
Unterhangstandorte	EHb, EIm	SAh - FAh

* sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

Achtung: Bitte überprüfen Sie in der digitalen Standortskarte die Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EHb*. Es ist zu beachten, welche zukünftigen Waldstandortseinheiten für die Waldgruppe simuliert worden sind, unterschieden in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085. Aufgrund dessen können Sie den für Sie am besten passenden klimafitten Mischungstyp auswählen (Tab. 10.3). Wesentlich ist dabei, zu beachten, dass die

Baumarten aller definierten klimafitten Mischungstypen bereits heute und auch in der Klimazukunft Standortstauglichkeit aufweisen. Das ist die Grundlage für die waldbauliche Umsetzung der Empfehlungen in der Gegenwart.

10.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Aus der kombinierten Betrachtung der aktuellen Baumartenanteile und der zukünftigen Baumarteneignung kann die Dringlichkeit für die Überführung in einen klimafitten Mischungstyp abgeschätzt werden. Zum Beispiel ergibt die Summe aus den Produkten der aktuellen Baumartenanteile (z.B. aus dem Forstoperat oder durch die Beurteilung vor Ort in einem Waldbestand) mit den Eignungswerten der jeweiligen Baumarten für 2085 einen näherungsweisen Wert für die Bestandeseignung. Dieser errechnete Wert der Bestandeseignung kann noch um die Beurteilung der vorhandenen Strukturparameter ergänzt werden (Bestandesschicht, Einzelbaumstabilität, Kronenlänge).

Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände und Nadelwaldbestände aus Fichte, Lärche und Rot-Kiefer in der *Waldgruppe EHb* in der Klimazukunft eine geringe Baumarteneignung. Abhängig vom Ausgangszustand sollten diese Bestände daher in passende klimafitte Mischungstypen mittelfristig überführt oder schlagartig umgewandelt werden.

Sehr hohe Dringlichkeit: Eine Bestockung mit Baumarten geringer Eignung kann in der *Waldgruppe EHb* mit regelmäßigen Eingriffen im Turnus von 5-10 Jahren schrittweise in einen klimafitten Bestand überführt werden: Die Eingriffe können umso kräftiger ausfallen, je höher die Einzelbaum-Stabilität ist (H/D < 0,8 und Kronenlänge > 50%). Die Förderung von 150-200 Z-Bäumen pro ha wird empfohlen, falls der zu überführende Bestand sich aus Nadelbäumen zusammensetzt. Ist die Einzelbaum-Stabilität im Mittel geringer, sollten nur 50-100 Z-Bäume gefördert werden. Alle Eingriffe haben zum Ziel, die Struktur und damit die Bestandesstabilität zu erhöhen, sowie Baumarten mit hoher Eignung am Standort zu fördern. In einschichtigen, labilen Nadelbaumbeständen werden instabile Gruppen entnommen. In diesen Lücken muss frühzeitig mit geeigneten Baumarten der zukünftigen klimafitten Mischungstypen (künstlich) verjüngt werden.

Hohe Dringlichkeit: Sukzessive Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten, um im Gegenzug standortsgerechte Baumarten mit höheren Stabilitätswerten zu fördern. Dabei sollte eine zu schnelle Freistellung von zu fördernden Buchen vermieden und pro Eingriff 1-2 Bedränger entnommen werden (Auslesedurchforstung). Auf geeigneten Standorten sind Edellaubbäume im Stangenholz- bzw. jungen Baumholz-Stadium stärker zu fördern, um eine adäquate Kronenentwicklung noch zu ermöglichen. In überdichten Fichten-Beständen erfolgt eine Stammzahlreduktion mit dem Ziel, stabile Einzelbäume und Gruppen zu fördern und mittelfristig den H/D-Wert der Bäume zu verbessern.

Geringe Dringlichkeit: Reduktion/Entnahme von nicht standortgerechten Baumarten.

10.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppe EHb* dargestellt. Für diese Optionen wurde unterstellt, dass in der Klimazukunft die Bedingungen der *Waldgruppe EHb* oder der *Waldgruppe EIm* vorherrschen, es also auf den betreffenden Standorten zu einer Veränderung von der mäßig warmen Laubwaldzone in die sehr warme bis mäßig warme Laubwaldzone kommen wird (Szenario RCP 4.5 mit Zeithorizont 2085). Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand ausgeführt, darüber hinaus wurden für alle diese drei Optionen die Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert.

In Tab. 10.4 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Stiel-Eiche- Schwarz-Erle- Hainbuche in Fichtenreinbeständen der *Waldgruppe EHb* dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte (Lochhieb, Saumschlag) für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein einschichtiger Bestand (Fichte 100 %) in Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholzphase unterstellt. Beispielhaft wurde das Konzept für die Standortseinheit EHb6grm entwickelt und bezieht sich somit auf Auwaldflächen im Murtal (vgl. dazu die Ausführungen zu den Sonderwaldstandorten). Zur Begründung von Stiel-Eiche auf den Verjüngungsflächen wird grundsätzlich Saat empfohlen, um eine vitale Entwicklung der artspezifischen Pfahlwurzel zu ermöglichen. Vitale Pfahlwurzelsysteme der Eichenarten erlangen im Klimawandel zusätzliche Bedeutung.

In Tab. 10.5 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Trauben-Eiche- Edelkastanie- Winter-Linde in einschichtigen und gleichaltrigen Rot-Kiefern- Buchen- Beständen der *Waldgruppe EHb* dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte (Lochhieb, Saumschlag) für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein einschichtiger Bestand (Rot-Kiefer 70 %, Buche 30 %) in Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholzphase unterstellt. Die Anpassungsoptionen wurden für die Waldstandortseinheiten EHb34g, EHb34r, EHb34m entwickelt, welche ausreichende Bonität für den anspruchsvollen Mischungstyp aufweisen. Die Örtlichkeit könnte sich beispielhaft auf sonnseitigen und mäßig frischen bis frischen Standorten befinden, wo Buche aufgrund von Trockenperioden in naher Zukunft bereits Probleme erfahren könnte.

Tabelle 10.4: Anpassungsoptionen zur Überführung von Fichtenreinbeständen in den klimafitten Mischungstyp Stiel-Eiche- Schwarz-Erle- Hainbuche.

EHb – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **StEi-SEr-Hbu**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **StEi-SEr-Hbu**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten werden gefördert; Überführung in Stiel-Eichen- Schwarz-Erlen- Hainbuchen- Bestände – diese Baumarten werden auf Lochhiebsflächen gesät oder gepflanzt. **Ziel:** Stiel-Eiche 40 %, Schwarz-Erle 40 %, Hainbuche 20 %; U = 80-120 Jahre	Stabile Fichten werden gefördert; Überführung in Stiel-Eichen- Schwarz-Erlen- Hainbuchen- Bestände – diese Baumarten werden auf Saumschlagflächen gesät oder gepflanzt. **Ziel:** Stiel-Eiche 50 %, Schwarz-Erle 30 %, Hainbuche 20 %; U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Nutzung der Jungwuchsphase, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Pflanzung von Schwarz-Erle und Hainbuche und Saat von Stiel-Eiche in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von Fichte aus der ehemaligen Pflanzung oder Naturverjüngung (Reduktion auf < 30 %).	**Nutzung der Jungwuchsphase**, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Pflanzung von Schwarz-Erle und Hainbuche und Saat von Stiel-Eiche in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von Fichte aus der ehemaligen Pflanzung oder Naturverjüngung (Reduktion auf < 30 %).
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, zugunsten von eventuell vorhandenen Mischbaumarten der Zielbestockung und zugunsten vitaler Fi, Entfernung von weniger vitalen oder instabilen Fi, evtl. Ergänzungspflanzung von Zielbaumarten um die Präsenz von Mischbaumarten zu erhöhen.	**Mischungsregulierung** auf der Dickungsfläche, zugunsten von eventuell vorhandenen Mischbaumarten der Zielbestockung und zugunsten vitaler Fi, Entfernung von wenig vitalen oder instabilen Fi, evtl. Ergänzungspflanzung von Zielbaumarten um die Präsenz von Mischbaumarten zu erhöhen.
Stangenholz	
Entfernung kranker/instabiler Fichten; Stabilitäts-förderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi).	**Entfernung kranker/instabiler Fichten; Stabilitäts-förderung:** Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi).
Baumholz	
In hiebsreifen Baumhölzern wird Fi mittels **Lochhieben** (1,5 - 2 Baumlängen Durchmesser für StEi) genutzt, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt zuerst Bodenbearbeitung und dann Saat von StEi; StEi soll sich mit 2-3 m Wuchshöhe etablieren, danach erst erfolgt Pflanzung von SEr und Hbu gemäß des Bestockungsziels (Sicherung von ausreichend Licht für die Entwicklung von StEi); Naturverjüngung der Zielbaumarten aus evtl. Samenbäumen integrieren.	**Nutzung von hiebsreifem Fi-Baumholz durch Saumschläge** mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung; Etablierung von SEr und Hbu mittels Pflanzung und von StEi mittels Saat nach Bodenbearbeitung; dabei ist StEi 3-5 Jahre vorzuziehen, danach erst Pflanzung von SEr und Hbu.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit StEi, SEr und Hbu überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Als erster Schritt wird mittels Lochhiebs-förmigen Entnahmen (2 Baumlängen Durchmesser) StEi durch Bodenbearbeitung und Saat eingebracht. Die Etablierung der halbschattentoleranten SEr und Hbu erfolgt anfangs mit Pflanzung. In weiterer Folge können sich alle Baumarten durch Naturverjüngung etablieren. Die Mischung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Durch Einzelstammentnahmen können mittelfristig Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Stiel-Eiche wird auch langfristig nur mittels größeren Lochhieben zu verjüngen sein (Dauerwald-System für die Integration von Lichtbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 10.5: Anpassungsoptionen zur Überführung von Rot-Kiefern- Buchen- Beständen in den klimafitten Mischungstyp Trauben-Eiche- Edelkastanie- Winter-Linde.

EHb – Anpassungsoptionen für Rot-Kiefern - Buchen-Bestände	
Überführung in **TrEi-Eka-WiLi**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **TrEi-Eka-WiLi**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Rot-Kiefern und Buchen werden in den Waldbeständen gefördert; Überführung in Trauben-Eichen- Edelkastanien- Winter-Linden- Bestände mittels **Lochhieben**, Saat und Pflanzung. **Ziel:** Trauben-Eiche 30 %, Edelkastanie 45 %, Winter-Linde 25 %; U = 80-150 Jahre	Stabile Rot-Kiefern und Buchen werden in den Waldbeständen gefördert; Überführung in Trauben-Eichen- Edelkastanien- Winter-Linden- Bestände mittels **Saumschlag**, Saat und Pflanzung. **Ziel:** Trauben-Eiche 40 %, Edelkastanie 40 %, Winter-Linde 20 %; U = 80-150 Jahre
Jungwuchs	
Nutzung der Jungwuchsphase, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Entnahme von RKi und (vor allem) Bu aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Eka und WiLi und Saat von TrEi nach Bodenbearbeitung in vorhandenen oder geschaffenen Lücken.	**Nutzung der Jungwuchsphase**, um noch den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Entnahme von RKi und (vor allem) Bu aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Eka und WiLi und Saat von TrEi nach Bodenbearbeitung in vorhandenen oder geschaffenen Lücken.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, Entfernung von wenig vitalen oder instabilen RKi und Bu. Kronenfreistellung von verbleibenden RKi um deren Vitalität und Stabilität zu verbessern. Ergänzungspflanzung der Zielbaumarten.	**Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche**, Entfernung von wenig vitalen oder instabilen RKi und Bu. Kronenfreistellung von verbleibenden RKi um deren Vitalität und Stabilität zu verbessern. Ergänzungspflanzung der Zielbaumarten.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen RKi und Bu und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken RKi und Bu).	**Entfernung von kranken oder instabilen RKi und Bu und Stabilitätsförderung:** Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken RKi und Bu).
Baumholz	
In hiebsreifen Baumhölzern werden RKi und Bu mittels **Lochhieben** (1,5-2 Baumlängen Durchmesser für TrEi und Eka) genutzt, auf entstandenen Freiflächen erfolgt zuerst Bodenbearbeitung und Saat von TrEi; TrEi soll sich mit 2-3 m Wuchshöhe etablieren, danach erst Pflanzung von Eka und WiLi (Sicherung von ausreichend Lichtgenuss für TrEi und Eka). Alternativ Nesterpflanzung von TrEi (z.B. im Verband 5 x 8 m = 250 Nester/ha); Je kleinflächiger Lochhiebe, desto intensiver Mischungsregulierung.	**Nutzung von hiebsreifem RKi-Bu-Baumholz durch Saumschläge** mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von Eka und WiLi mittels Pflanzung und von TrEi mittels Saat nach Bodenbearbeitung; Saat von TrEi 3-5 Jahre vorziehen, danach erst Pflanzung von Eka und WiLi (Sicherung von ausreichend Lichtgenuss für TrEi und auch für Eka).
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen RKi-Bu-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit TrEi, Eka und WiLi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Als erster Schritt wird nach Lochhiebsförmigen Entnahmen TrEi durch Saat nach Bodenbearbeitung eingebracht. Die Etablierung der Lichtbaumart Eka und der mäßig schattentoleranten WiLi erfolgt anfangs mit Pflanzung. Mittelfristig können sich alle Baumarten durch Naturverjüngung etablieren. Die Mischung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Durch Einzelstammentnahmen können mittelfristig Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Für TrEi und Eka werden weiterhin gruppenweise Entnahmen notwendig sein (Dauerwald-System für Lichtbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 10.6: Anpassungsoptionen zur Überführung von Buchen- Spitz-Ahorn- Beständen in den klimafitten Mischungstyp Douglasie- Hainbuche- Spitz-Ahorn.

EHb – Anpassungsoptionen für Buchen- Spitz-Ahorn- Bestände	
Überführung in **Dou-Hbu-SAh**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Dou-Hbu-SAh**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Buchen und Spitz-Ahorne werden in den Waldbeständen gefördert; **Überführung** in Douglasien-Hainbuchen- Spitz-Ahorn- Bestände mittels **Lochhieben**, Naturverjüngung und Pflanzung. **Ziel:** Douglasie 60 %, Hainbuche 20 %, Spitz-Ahorn 20 %; U = 80-100 Jahre	Stabile Buchen und Spitz-Ahorne werden in den Waldbeständen gefördert; **Überführung** in Douglasien-Hainbuchen- Spitz-Ahorn- Bestände mittels **Saumschlag**, Naturverjüngung und Pflanzung. **Ziel:** Douglasie 60 %, Hainbuche 20 %, Spitz-Ahorn 20 %; U = 80-100 Jahre
Jungwuchs	
Nutzung der Jungwuchsphase, um den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Entnahme von Bu und SAh aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Dou und Hbu auf vorhandenen Lücken oder geschaffenen Freiflächen. Achtung auf das Bestockungsziel.	**Nutzung der Jungwuchsphase**, um den klimafitten Mischungstyp zu etablieren: Entnahme von Bu und SAh aus dem Jungwuchs, Pflanzung von Dou und Hbu auf vorhandenen Lücken oder geschaffenen Freiflächen. Achtung auf das Bestockungsziel.
Dickung	
Belassen der Dickungsfläche, eventuell Entfernung von weniger vitalen oder instabilen Bu und SAh.	**Belassen der Dickungsfläche**, eventuell Entfernung von weniger vitalen oder instabilen Bu und SAh.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Bu und SAh sowie Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu und SAh).	**Entfernung von kranken oder instabilen Bu und SAh sowie Stabilitätsförderung:** Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken Bu und SAh).
Baumholz	
In hiebsreifen Baumhölzern werden Bu und SAh mittels **Lochhieben** (1,5 Baumlängen Durchmesser) genutzt, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt die Pflanzung von Dou und Hbu, jeweils in Gruppen; Integration der Naturverjüngung von SAh, welche in Gruppen zwischen Dou und Hbu zu erhalten ist. Achtung auf das Bestockungsziel.	**Nutzung von hiebsreifem Bu und SAh-Baumholz durch Saumschläge** mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, auf Saumschlagflächen Etablierung von Dou und Hbu mittels Pflanzung in Gruppen; Naturverjüngung von SAh in Gruppen zwischen Dou und Hbu belassen und somit fördern. Achtung auf das Bestockungsziel.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Bu-SAh-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Dou, Hbu und SAh überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Als erster Schritt wird mittels Lochhiebs-förmigen bis gruppenweisen Entnahmen Dou und Hbu durch Pflanzung eingebracht. Die Mischung erlaubt eine vertikale Strukturierung der Bestände. Durch Einzelstammentnahmen können dann mittelfristig Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Für Dou werden weiterhin gruppenweise bis Lochhiebsförmige Verjüngungsverfahren notwendig sein. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

In Tab. 10.6 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung des klimafitten Mischungstyps Douglasie-Hainbuche- Spitz-Ahorn in einschichtigen und gleichaltrigen Buchen- Spitz-Ahorn- Beständen der *Waldgruppe EHb* dargestellt. Dabei wurden zwei Waldbaukonzepte (Lochhieb, Saumschlag) für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben. Als Ausgangslage wurde jeweils ein einschichtiger Bestand (Buche 80 %, Spitz-Ahorn 20 %) im Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz unterstellt. Die passende Waldstandortseinheit zur Umsetzung dieses klimafitten Mischungstyps wäre ausschließlich EHb56grm, weil Douglasie nur hier eine ausreichende Baumarteneignung aufweist.

Unterhang-Standorte: Baumarten und Waldbau-Technik

Die Unterhang-Standorte in der *Waldgruppe EHb* sind am relativ starken Auftreten der Hasel in der Strauchschicht und an diversen Elementen der Bodenvegetation (z.B. Farne, Wald-Geißbart, Hochstauden oder andere Frischezeiger) zu erkennen. Die Integration der Ahornarten in die Bestockung von diesen Unterhangstandorten in größeren Gräben und Talschaften der *Waldgruppe EHb* kann dabei stabilisierend wirken. Nadelbaumreinbestände sind zu vermeiden. Die zu erwartenden Zuwächse sind speziell auf basenreichen Substraten sehr groß. Kahlschläge können zu flächendeckendem Aufkommen der Hasel führen, welche in solchen Situationen die Verjüngung der anderen Baumarten vereitelt. Daher sind auf diesen Unterhangstandorten kleinflächige Verjüngungsverfahren empfohlen (kleinflächige Lochhiebe, Femelhiebe oder Saumhiebe), um die Verjüngungsentwicklung der erwünschten Baumarten zu ermöglichen und eine Dominanz der Hasel zu vermeiden (Kirchmeir et al. 2000). Dabei kann Hasel bei geeigneten Pflegemaßnahmen aber auch zur Stammbeschattung ausgezeichnet genutzt werden.

10.5 Waldbau im Schutzwald

In der *Waldgruppe EHb* sind in der Steiermark regional Schutzwaldanteile gegeben. Voraussetzung dafür sind zumeist sehr steile und felsige Taleinhänge, wo die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig ist. Aufgrund der Lage der *Waldgruppe EHb* im Bereich des unteren Murtals ist ihr Schutzwaldanteil gering. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel einige Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppe EHb* ist wesentlich für deren Stabilität und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Baumarten gemeinsam vorhanden sind. Als besonders bedeutsame Baumarten für eine effiziente Schutzwirkung sind Hainbuche, die Eichenarten (aktuell Stiel-Eiche, Trauben-Eiche) und die Ahornarten hervorzuheben. Es ist der durch den Klimawandel bedingten Steigerung der Bedeutung der Eichenarten Rechnung zu tragen und daher sind diese in den Waldbeständen der heutigen *Waldgruppe EHb* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern. Darüber hinaus sind die in die *Waldgruppe EHb* neu einwandernden Eichenarten Flaum-Eiche, Zerr-Eiche und Balkan-Eiche zukünftig auch in den Schutzwäldern zu integrieren. Es ist wichtig, für waldökologisch tragfähige Schalen- und Schwarzwildbestände zu sorgen, um die erfolgreiche Verjüngung und Entwicklung aller erwünschten Baumarten und somit die Schutzwaldfunktionen nachhaltig sicherstellen zu können. Besonders die Eichenarten sind durch Wildverbiss und Samenfraß in ihrer Entwicklung gehemmt bzw. können nicht in das Dickungsstadium einwachsen.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil (Thomasius 1996; Frehner et al. 2005). Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Widerstandskraft und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in der *Waldgruppe EHb* effizient umsetzbar, weil die Baumartenvielfalt sehr groß ist.

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien der gewünschten Zielbaumarten befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte dabei alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der Baumarten Hainbuche, Stiel-Eiche oder Trauben-Eiche von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind Ahornarten, Vogel-Kirsche, Winter-Linde, Sommer-Linde, Eibe und alle weiteren vitalen, stabilen Baumarten der *Waldgruppe EHb*. In Zukunft werden die Eichenarten (Stiel-Eiche, Trauben-Eiche) an Bedeutung gewinnen und die neuen Eichenarten einwandern.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen und felsigen Standorten der *Waldgruppe EHb* möglichst geschlossen und strukturreich zu halten. Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden. Tiefwurzelnde Baumarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden. Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration der Erosion entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während manche Baumarten nach Verletzungen anfällig für Fäule sind, sind die Eichenarten und Spitz-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch weitere Laubbaumarten der *Waldgruppe EHb* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Hainbuche, Lindenarten). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner et al. 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe, liegende Stämme, etc. rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit es nur zum Bremsen und nicht dazu kommt, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus abgelagerte Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es also besser darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern (Eichenarten) und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016). Niederwaldartige Nutzungen können in laubbaumdominierten Beständen der *Waldgruppe EHb* eine Alternative zur Erhaltung der Steinschlagwirkung sein.

11. FTK, FTA, FKB

FTK – Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte
FTA – Fichten-Tannen-Ahornwald-Standorte
FKB – Fichten-Kiefern-Buchenwald-Standorte
in der mäßig milden bis mäßig kühlen Mischwaldzone

Tabelle 11.1: Übersicht zu den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* in der mäßig milden und mäßig kühlen Mischwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
FTK				**50.274 ha / 4,6 %**
FTK3e	extrem basenarm	saure Silikatgesteine	mäßig frisch	207 ha / 0,4 %
FTK45e	extrem basenarm	saure Silikatgesteine	frisch bis sehr frisch	44.604 ha / 88,7 %
FTK6ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht	5.462 ha / 10,9 %
FTA				**10.531 ha / 1,0 %**
FTA6c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	feucht	1.080 ha / 10,3 %
FTA6grm	basengesättigt bis basenhaltig	feinerdereiche Karbonatgesteine bis intermediäre Silikatgesteine	feucht	9.451 ha / 89,7 %
FKB				**666 ha / 0,06 %**
FKB2cg	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig trocken	506 ha / 76,0 %
FKB2rm	basenreich und basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken	105 ha / 15,7 %
FKB2u	basenunterversorgt	rückstandsarme intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken	55 ha / 8,3 %

Charakteristika

Verbreitung: Alle nachfolgend genannten Waldgruppen kommen in der **mäßig milden** und **mäßig kühlen Mischwaldzone** der Steiermark vor.

Die *Waldgruppe FTK* (Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte) kommt auf rund 50.274 ha (4,6 % der Waldfläche) vor und ist durch extrem basenarme oder basenunterversorgte Standorte charakterisiert. Das sind derart saure Silikatgesteine, dass dort Buche nicht mehr bestandesbildend gedeihen kann.

Die *Waldgruppe FTA* (Fichten-Tannen-Ahornwald-Standorte) kommt auf rund 10.531 ha (1 % der Waldfläche) vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufe „feucht“ gekennzeichnet. Das sind Standorte, welche von Buche aufgrund der hohen Feuchtigkeit nicht mehr bestandesbildend besiedelt werden können.

Die *Waldgruppe FKB* (Fichten-Kiefern-Buchenwald-Standorte) kommt auf rund 666 ha (0,06 % der Waldfläche) vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ gekennzeichnet. Das sind Standorte, welche aufgrund der Trockenheit nur von wenigen Baumarten besiedelt werden können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass aufgrund extremer Standortsverhältnisse entweder Buche (zu sauer oder zu feucht) oder Tanne (zu trocken) in den Hintergrund treten. Deshalb sind die in den beiden Waldvegetationszonen eigentlich dominant vorkommenden Standorte der *Waldgruppen BU* und *FTB* auf den Standorten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* nicht ausgebildet.

Baumartenspektrum

FTK: Tanne, Fichte, Rot-Kiefer, Lärche, Birke, Zitter-Pappel, Vogelbeere, Zirbe, (Trauben-Eiche, Stiel-Eiche)

FTA: Tanne, Fichte, Berg-Ahorn, Grau-Erle, Esche, Berg-Ulme, Birke, (Stiel-Eiche)

FKB: Buche, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Fichte, Lärche, Mehlbeere, Berg-Ahorn, Vogelbeere

Gastbaumarten

Für diese drei Waldgruppen werden als Gastbaumarten Douglasie, Rot-Eiche oder Libanon-Zeder empfohlen, allerdings unter Ausnahme der Waldstandortseinheiten mit den Basenklassen „c“ und „g“.

11.1 Standorte heute

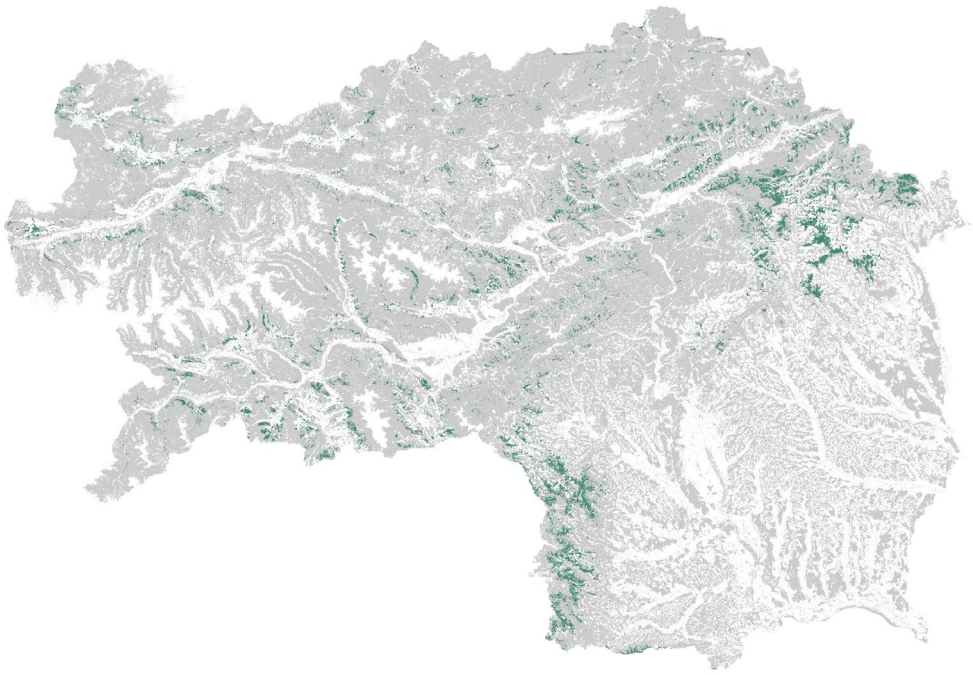


Abbildung 11.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppen FTK, FTA und FKB* in der mäßig milden und mäßig kühlen Mischwaldzone der Steiermark. Datenbasis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* kommen in der Steiermark in den Gebirgslagen vor (Abb. 11.1), welche mit der *mäßig milden und mäßig kühlen Mischwaldzone* korrespondieren. Diese erstreckt sich in ihrem Kernbereich aktuell etwa zwischen 700 m und 1300 m Seehöhe (Abb. 11.4, 11.5 und 11.6). Alle drei Waldgruppen weisen spezielle standörtliche Eigenschaften auf, welche das Auftreten der Standorte der *Waldgruppe BU* in der mäßig milden Mischwaldzone und der Waldgruppe *FTB* in der mäßig kühlen Mischwaldzone ablösen.

***Waldgruppe FTK* – extrem basenarme Grundgesteine**

Es ist die *Waldgruppe FTK* (Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte) daraus flächenmäßig am weitesten verbreitet und nimmt aktuell 50.274 ha ein, was 4,6 % der steirischen Waldfläche entspricht. In diesem Fall sind es die extrem basenarmen – also sauren – Grundgesteine (Basenklasse „e“, nur selten Basenklasse „u“), welche das bestandesbildende Wachstum der Buche verhindern. Die Fichte ist aktuell auf diesen Standorten am weitesten verbreitet, auch Fichtenreinbestände sind oftmals ausgebildet. In naturnahen Beständen dominiert die Tanne, begleitet von Fichte, Lärche und Rot-Kiefer. Die am weitesten verbreiteten Laubbaumarten sind Birke und Vogelbeere, welche zumeist sporadisch beigemischt auftreten. Seltener ist die Zitter-Pappel beigemischt zu finden. Zirbe kann in der *Waldgruppe FTK* durchaus forstlich begründet werden, in den tiefergelegenen Bereichen auch die heute zumeist fehlenden Eichenarten.

Aufgrund der basenarmen Substrate sind die Wuchsleistungen der Waldbestände in der *Waldgruppe FTK* limitiert, es handelt sich folglich zumeist um geringwüchsige Waldbestände.

***Waldgruppe FTA* – Standorte mit Wasserhaushaltsstufe „feucht“**

Die *Waldgruppe FTA* (Fichten-Tannen-Ahornwald-Standorte) ist flächenmäßig auf rund 10.531 ha (entspricht 1 % der steirischen Waldfläche) ausgebildet und wird durch Standorte mit der Wasserhaushaltsstufe „feucht“ charakterisiert. Buche kann solche feuchten Standorte nicht bestandesbildend besiedeln.

Aktuell ist auf diesen Standorten Fichte - forstlich begründet - am weitesten verbreitet, ebenfalls von großer Bedeutung sind die Grau-Erle, welche die Feuchtstandorte sehr gut erschließen kann, und der Berg-Ahorn. Die Tanne weist auf allen Standorten der *Waldgruppe FTA* eine hohe Eignung auf, ist aber aufgrund der Schalenwild-Situation (Wildverbiss) und Bewirtschaftungspräferenzen eher selten vorhanden. Tanne kann ihr Wuchspotenzial auf den Standorten der *Waldgruppe FTA* von den Nadelbaumarten am besten ausnützen, aber auch Fichte kann, so wie der Berg-Ahorn, hohe Wuchsleistungen aufweisen. Somit ist das Baumartenspektrum mit Tanne, Fichte, Grau-Erle, Berg-Ahorn, Esche, Berg-Ulme und Birke definiert. In tieferen Lagen ist auch Stiel-Eiche verwendbar.

***Waldgruppe FKB* – Standorte mit Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“**

Die *Waldgruppe FKB* (Fichten-Kiefern-Buchenwald-Standorte) weist mit 666 ha (0,06 % der steirischen Waldfläche) eine sehr geringe Verbreitung auf. Sie wird durch die Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ charakterisiert, was bedingt, dass Tanne auf diesen Standorten nicht mehr gut gedeihen kann (Tanne hat auf mäßig trockenen Standorten meist nur mehr geringe Baumarteneignungswerte). Die geringe Verbreitung der Standorte liegt daran, dass in der Steiermark aktuell nur sehr wenige Standorte die Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ aufweisen.

Aufgrund der Trockenheit sind die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FKB* am besten durch Rot-Kiefer, Mehlbeere und Vogelbeere zu bestocken, es treten aber auch Lärche, Fichte, Buche und Berg-Ahorn auf. Allerdings verlieren Fichte und Buche schon heute rasch ihre Eignung. Im Gegensatz dazu weist die heute zumeist fehlende Schwarz-Kiefer eine hohe Standortstauglichkeit auf. Die Tanne hat in dieser Waldgruppe nur eine geringe Eignung, was mit der limitierten Wasserversorgung erklärt werden kann. Die ganze Bandbreite des genannten Baumartenspektrums ist aufgrund der geringen Wüchsigkeit der Standorte oft ausgebildet, weil das forstlich motivierte Begründen von Fichtenreinbeständen wirtschaftlich zumeist keinen Sinn gemacht hat. Trotzdem finden sind auch Fichtenreinbestände auf diesen durch die Wasserversorgung limitierten Standorten der *Waldgruppe FKB*.

Relief

In der *Waldgruppe FTK* können alle Spielarten des Reliefs ausgebildet sein, wobei Mittelhanglagen dominieren. Die Schutzwald-Funktion der Waldbestände ist überall dort, wo Steillagen mit hohen Felsanteilen ausgebildet sind, von zentraler Bedeutung.

In der *Waldgruppe FTA* treten vor allem Mittelhanglagen und Unterhanglagen auf, was mit der Wasserhaushaltsstufe „feucht“ in Verbindung steht. Auf Oberhängen und Rücken ist jene in der Regel

nicht ausgebildet. Die zugehörigen Bodentypen „Pseudogley“ und „Gley“ treten vor allem auf den genannten Hanglagen auf.

In der *Waldgruppe FKB* treten hingegen vor allem Oberhang- und Rückenstandorte, seltener auch Mittelhang-Standorte auf, was mit der Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ in Verbindung steht. Jene ist auf Unterhängen nur sehr selten ausgebildet.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der mäßig milden und mäßig kühlen Mischwaldzone der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* ist in Tab. 11.2 für den Zeitraum 1989-2018 dargestellt. Die relativ höhere Mitteltemperatur in *FKB* ist damit zu erklären, dass deren Standorte zumeist in den tieferen Lagen (Schwerpunkt mäßig milde Mischwaldzone) situiert sind.

Tabelle 11.2: Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlag in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* für den Zeitraum 1989-2018 (aktuelles Klima).

	FTK	FTA	FKB
Jahresmitteltemperatur (°C)	6,1 °C	6,6 °C	6,9 °C
Jahresniederschlag (mm)	1065 mm	1342 mm	865 mm

Der **Jahresniederschlag** in der mäßig milden und mäßig kühlen Mischwaldzone der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* variiert entsprechend der Regionen der Steiermark und ist in Tab. 11.2 für den Zeitraum 1989-2018 dargestellt. Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FKB* sind demnach in niederschlagsärmeren Regionen situiert, während jene der *Waldgruppe FTA* in den niederschlagsreicheren Regionen liegen. Das erklärt auch die Tendenz zur Ausbildung der mit den Waldgruppen verbundenen Wasserhaushaltsstufen.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasserspeicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. In der *Waldgruppe FTK* sind die Wasserhaushaltsstufen „mäßig frisch“ bis „feucht“ ausgebildet, wobei die kombinierte Stufe „frisch bis sehr frisch“ am weitesten verbreitet ist (Tab. 11.1). In der *Waldgruppe FTA* ist ausschließlich die Wasserhaushaltsstufe „feucht“ ausgebildet, weil diese Waldgruppe über diesen Parameter definiert ist (Tab. 11.1). In der *Waldgruppe FKB* wiederum ist ausschließlich die Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ ausgebildet, diese Waldgruppe ist über diesen Parameter definiert (Tab. 11.1).

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab. Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTK* sind aufgrund der Dominanz der Basenklasse „e“ (extrem basenarm, Tab. 11.1)

bezüglich der Nährstoffversorgung als nährstoffarm zu bezeichnen, was sich auch in der zumeist geringen Wüchsigkeit der von Nadelbaumarten dominierten Bestockung widerspiegelt.

Hingegen sind die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTA* zum größten Teil sehr nährstoffreich, die am weitesten verbreitete FTA6grm (Tab. 11.1) bezeichnet basengesättigte bis basenhaltige Standorte, welche aufgrund der Wasserhaushaltsstufe „feucht“ sehr gute Wüchsigkeit zeigen können, vor allem für Tanne. Im Hinblick auf die Nährstoffversorgung ungünstiger ist die Standortseinheit FTA6c.

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FKB* umspannen alle definierten Basenklassen. Die größten Nährstoffvorräte sind in der Standortseinheit FKB2rm gegeben, also basenreiche bis basenhaltige Standorte. Die geringsten Nährstoffvorräte weist die basenunterversorgte Einheit FKB2u auf. Intermediär ist die auf Karbonatgesteine hinweisende Einheit FKB2cg (Tab. 11.1).

Wasserhaushaltsstufe und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 11.2).

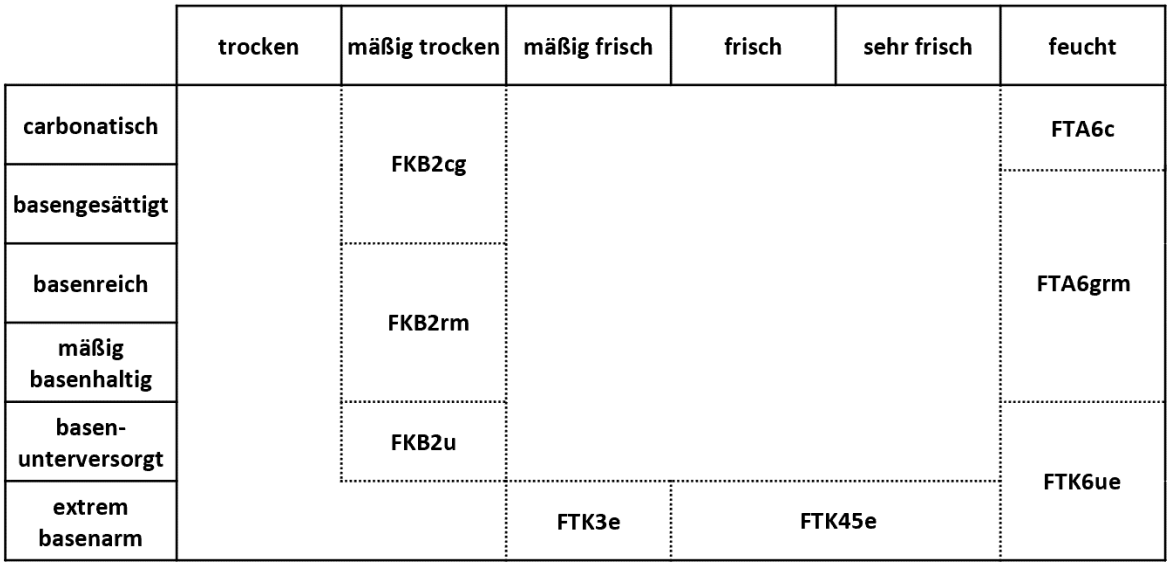


Abbildung 11.2: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen FTK, FTA, FKB*.

11.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einem annähernden Gleichbleiben der mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandelszenarien, siehe Tab. 11.3) zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* in höhere Gebirgslagen in der Steiermark (Abb. 11.3 bis 11.6). Aufgrund der standörtlichen Spezifika der drei Waldgruppen sind die Veränderungen im Klimawandel differenziert zu betrachten.

Auf den heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTK* werden durch die prognostizierte Erwärmung die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) und die Rot-Kiefer an Bedeutung gewinnen, es wird in Teilbereichen zu einer Veränderung in Hinblick auf die *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte) und die *Waldgruppe KI* (Rot-Kiefernwald-Standorte) kommen, weitere Bereiche werden auch als *Waldgruppe FTK* verbleiben. Die meisten Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTK* werden auch in der Klimazukunft aufgrund der ausgeschiedenen Basenklasse „e“ (extrem basenarm) keine Standortstauglichkeit für Buche oder Hainbuche bieten. Nur die Standortseinheit FTK6ue kann auf Teilbereichen (Basenklasse „u“) auch für Buche tauglich werden, falls sich die Wasserhaushaltsstufe „feucht“ auf den Standorten hin zu „sehr frisch“ verändern sollte. Hingegen können in der heutigen *Waldgruppe FTK* die Eichenarten (Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) vor allem auf den Standorten in der mäßig milden Mischwaldzone Standortstauglichkeit erlangen. In dieser Hinsicht werden besonders sonnseitig exponierte Standorte Bedeutung erlangen. Auf Teilbereichen kann es also aufgrund der Klimaveränderung zu einer Veränderung in die *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte, wärmste Zonen der heutigen *FTK*-Standorte) oder in die *Waldgruppe KI* (Rot-Kiefernwald-Standorte, trockenere Bereiche der heutigen *FTK*-Standorte) kommen.

Auf den heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTA* wird in der Klimazukunft vor allem die Stiel-Eiche auf den tieferliegenden und wärmeren Standorten an Bedeutung gewinnen, was direkt mit der Standortstauglichkeit der Stiel-Eiche auf feuchten Standorten in Zusammenhang steht. Die *Waldgruppe FTA* wird folglich aufgrund der Erwärmung auf Teilbereichen eine Veränderung in die *Waldgruppe EB* (Eichen-Buchenwald-Standorte) erfahren. Weite Bereiche der heutigen *Waldgruppe FTA* bleiben auch in der Klimazukunft in derselben Waldgruppe. Buche kann auf den *FTA* Standorten in der Klimazukunft Standortstauglichkeit erlangen, falls die Wasserhaushaltsstufe auf Teilbereichen von „feucht“ zumindest auf „sehr frisch“ absinkt. Sie ist aber heute noch nicht in die Bestockung integrierbar und deshalb nicht Teil der klimafitten Mischungstypen.

Innerhalb der *Waldgruppe FKB* werden in der Klimazukunft Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Mehlbeere, Vogelbeere und Eichenarten (Flaum-Eiche, Trauben-Eiche, Stiel-Eiche) an Bedeutung gewinnen beziehungsweise einwandern. Diese Veränderung in *Waldgruppe FKB* wird sich relativ rasch einstellen, weil Fichte und Buche schon heute stark an Tauglichkeit verlieren. Die heutige *Waldgruppe FKB* kann sich aufgrund der Erwärmung folglich vor allem in die *Waldgruppe KI* (Rot-Kiefernwald-Standorte), in die *Waldgruppe EIm* (Flaum-Eichenwald-Standorte) oder in die *Waldgruppe EB* (Eichen-Buchenwald-Standorte) verändern.



Abbildung 11.3: Verbreitung der *Waldgruppen FTK, FTA und FKB* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

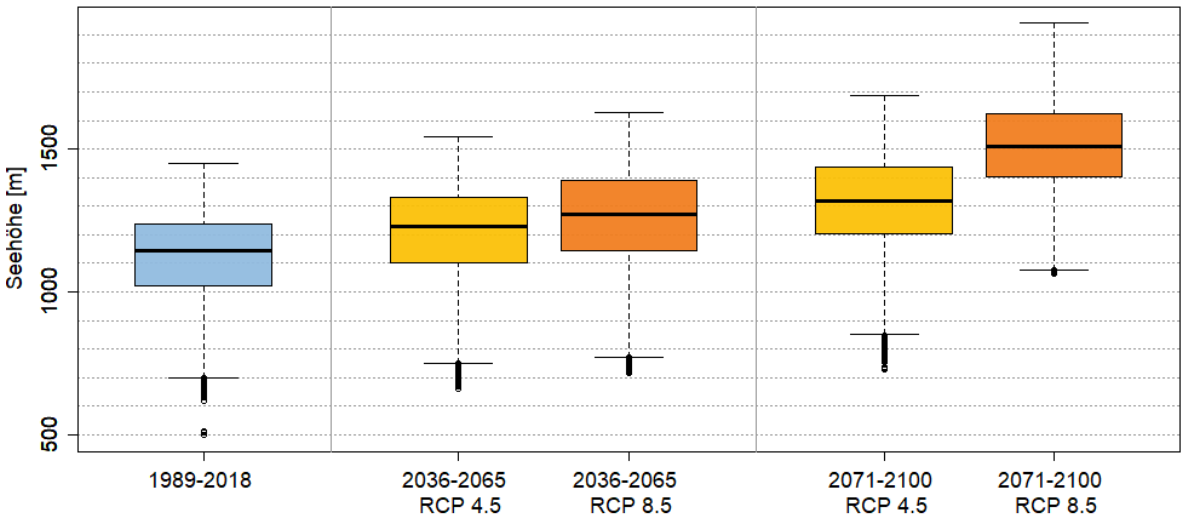


Abbildung 11.4: Höhenverbreitung der *Waldgruppe FTK* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

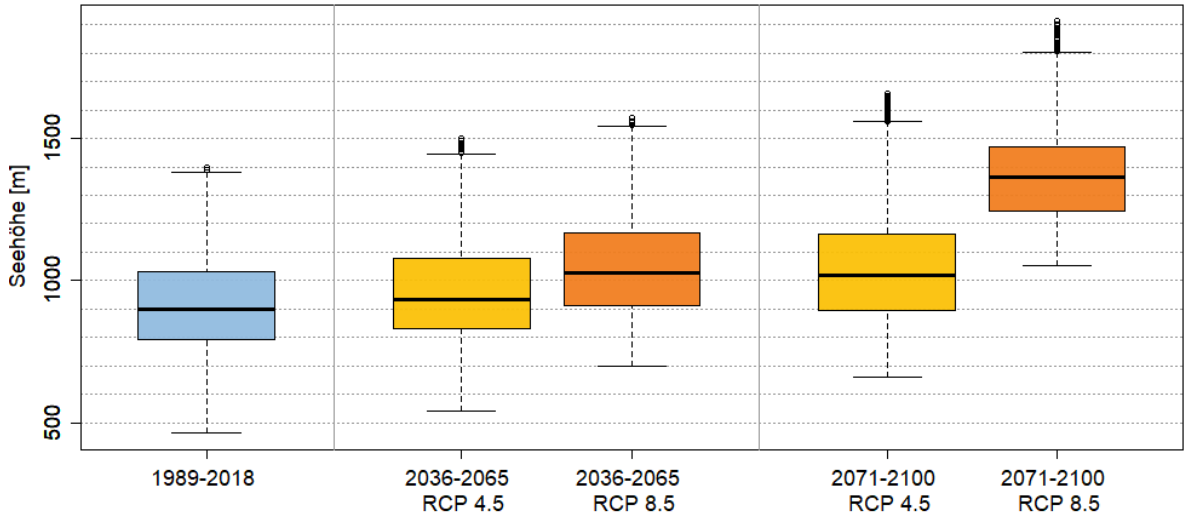


Abbildung 11.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe FTA* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

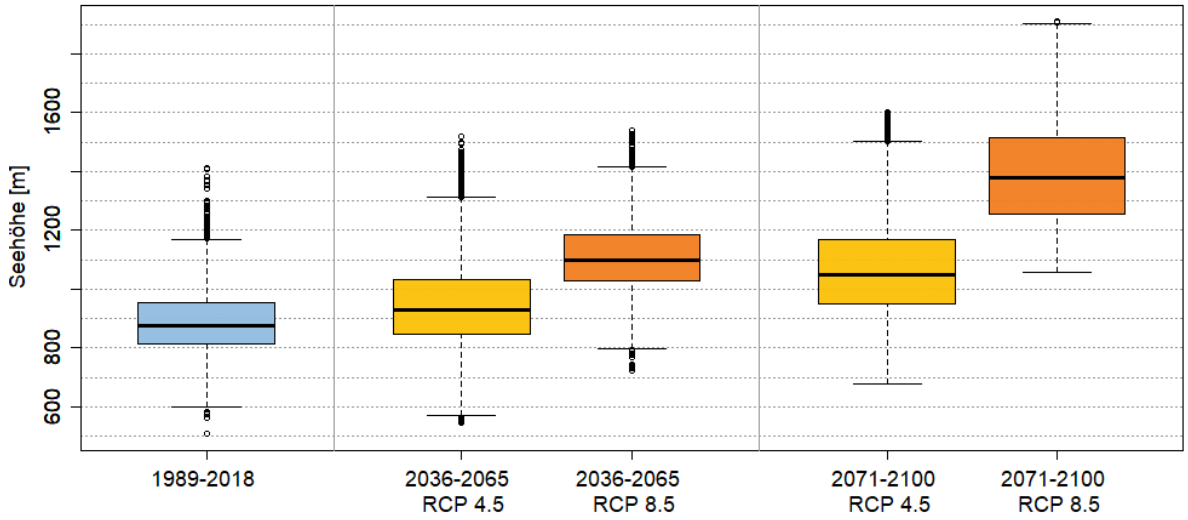


Abbildung 11.6: Höhenverbreitung der *Waldgruppe FKB* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

In der mäßig milden und mäßig kühlen Mischwaldzone der *Waldgruppen FTK, FTA und FKB* ist laut Klimaszenarien ein deutlicher Anstieg der Jahresmitteltemperatur zu erwarten, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 11.3).

Tabelle 11.3: Änderung der Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlagssumme in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB.*

	Waldgruppe	1989 - 2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmittel-temperatur (°C)	FTK	6,1 °C	8,0 °C	9,5 °C
	FTA	6,6 °C	8,6 °C	10,0 °C
	FKB	6,9 °C	9,0 °C	10,4 °C
Jahresniederschlags-summe (mm)	FTK	1.065 mm	1.128 mm	1.091 mm
	FTA	1.343 mm	1.428 mm	1.388 mm
	FKB	895 mm	963 mm	920 mm

11.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: FTK: Auf den Standorten FTK3e und FTK45e können Zwergsträucher (Heidelbeere) eine erfolgreiche Verjüngung behindern. **FTA:** Auf den feuchten Standorten (FTA6c, FTA6grm) können Gräser und Hochstauden in großräumigen Bestandeslücken eine erfolgreiche Verjüngung behindern. **FKB:** Auf allen mäßig trockenen Standorten der *Waldgruppe FKB* können Vergrasung oder Zwergsträucher (z.B. Erika) eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: In der *Waldgruppe FTK* sind alle Standorte von einer möglichen weiteren Versauerung betroffen, in der *Waldgruppe FKB* ist es der Standort FKB2u. Deshalb stellt dort das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983). Auch großflächige Kahlschläge sollten vermieden werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoff-Auswaschung und zur weiteren Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz, speziell von Ästen und Zweigen, einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996). In der *Waldgruppe FTA* stellt Versauerung keine wesentliche Gefahr dar (carbonatische bis basenhaltige Standorte).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppen FTK* und *FKB* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Freiflächen (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt (Moos et al 2016), was die Standorte langfristig beeinträchtigt und deren Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in diesen Waldgruppen möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden. Möglichst wurzelintensive Baumarten sind zur Bodenstabilisierung zu bevorzugen, wie etwa in *FTK* Tanne, Rot-Kiefer und Lärche und in *FKB* Lärche und Buche (Thomasius 1996). In der *Waldgruppe FTA* sind steile Hanglagen praktisch nicht vorhanden. Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (FKB2cg, FTA6c). Dies gilt auch für Freiflächen > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden

kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in der mäßig milden und mäßig kühlen Mischwaldzone (*Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB*) möglich und können immer wieder auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische Schneefall-Ereignisse, wodurch Wipfelbruch bei Fichte oder anderen Baumarten auftrat. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichten-Stangenhölzer in allen drei Waldgruppen, da der schwere Schnee auf dem einschichtigen Kronendach abgelagert wird (z.B. Kalberer 2007). Tannen können dem offensichtlich besser widerstehen, wie die deutlich geringeren Schäden an dieser Baumart nach dem massiven Schnee- und Eisanhang-Ereignis 2014 im Süden Österreichs und in Slowenien gezeigt haben. Grundsätzlich zählen die Laubbaumarten und somit Berg-Ahorn, Birke und Buche zu den besonders schneebruchresistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten generell und die von Lärche in der *Waldgruppe FTK* und *FKB* hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann auch Laubbaumkronen erheblich schädigen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppe FTK* und *FKB* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäulebildung, bei Buche Rotkernbildung und Weißfäule). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in den beiden Waldgruppen immer wieder auf. In *Waldgruppe FTA* gibt es keine felsigen Steillagen.

Waldbrand: In der *Waldgruppe FKB* ist auf den mäßig trockenen Standorten (FKB2cg, FKB2rm und FKB2u) Waldbrandgefahr generell gegeben, vor allem, wenn dort Nadelbaumreinbestände stocken. In der *Waldgruppe FTK* ist Waldbrandgefahr vor allem auf Standorten FTK3e und FTK45e gegeben, besonders in sonnseitigen Lagen. In der Waldgruppe FTA gibt es in der Regel keine Waldbrandgefahr (feuchte Standorte). Auf den gefährdeten Standorten der beiden genannten Waldgruppen sind während Trockenperioden äußerste Achtsamkeit und Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um etwaige Brandentwicklungen zu vermeiden.

Trockenheit: In großen Bestandeslücken führt direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung. Buche leidet stark unter Trockenheit: Rindenbrand, Rindenrisse und das „Peitschensyndrom“ (Einziehen der Krone) treten auf (*Waldgruppe FKB*, Standorte FKB2cg, FKB2rm und FKB2u). In der *Waldgruppe FTK* sind das Auftreten von Trockenstress und mögliche Trockenschäden an Waldbeständen besonders auf den mäßig frischen und sonnseitigen Standorten gegeben (FTK3e), sehr lange andauernde Trockenperioden führen auch auf dem Standort FTK45e zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016). Die *Waldgruppe FTA* ist aufgrund der feuchten Standorte nicht anfällig für Trockenschäden.

Insekten: Die mäßig milde und mäßig kühle Mischwaldzone birgt aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine erhöhte Gefahr für Borkenkäferkalamitäten. Aktuell sind von **Fichte** dominierte Bestände in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* durch Borkenkäfer gefährdet (insbesondere Buchdrucker, weniger Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden und den damit für eine Borkenkäfermassenvermehrung verbundenen besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoring-Maßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind

besonders in den *Waldgruppe FTK* und *FKB* auf allen Standorten mit Fichtenbestockung empfohlen. In der *Waldgruppe FTA* ist die Gefahr geringer einzustufen. Weitere wichtige Schädlinge sind u.a. der Große Braune Rüsselkäfer (*Hylobius abietis*), verschiedenste Bockkäfer, die Nonne (*Lymantria monacha*) sowie andere Schmetterlingsarten. Außerdem gewinnen die Gespinst- und Echten Blattwespen zusehends an Bedeutung.

Bei **Lärchen** sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*) dokumentiert.

Die **Buche** (*Waldgruppe FKB*) ist aktuell vor allem durch den zweifärbigen Buchenborkenkäfer, den Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*) und die Buchenwolllaus gefährdet. Für Schäden durch den Buchenprachtkäfer sind insbesondere freigestellte Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden anfällig, die bereits durch Sonnenbrand vorgeschädigt waren (Brück-Dyckhoff et al 2019).

Für **Tanne** (*Waldgruppen FTK* und *FTA*) sind aktuell Gefahren bezüglich Schädlingsbefall vor allem im Hinblick auf die Tannentrieblaus gegeben. Während die Weiß-Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weiß-Tannentrieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeschleppten Arten, die Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia merkeri*) als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999). In trockenheitsgefährdeten Gebieten können auch Borkenkäfer der Tanne (*Cryphalus piceae, Pityokteines curvidens*) zu wirkmächtigen Sekundärschädlingen werden.

Für **Rot-Kiefer** bestehen Gefährdungen bezüglich Waldgärtner (*Tomicus* spp.), verschiedene Borkenkäfer (*Pityogenes bidentatus, Ips acuminatus, Ips sexdentatus*), Rüssler (*Pissodes* spp.) und verschiedener Blattwespen (etwa *Diprion pini*).

Pilzerkrankungen: Wurzelfäuleerreger an **Buche** (*Waldgruppe FKB*) sind Riesenporling (*Meripilus giganteus*) und Hallimasch (*Armillaria mellea*). Buchenkrebs (*Nectria galligena*), Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) und die Krautfäuleerreger (z.B. die Buchenkeimlingskrankheiten *Phytophtora cactorum* und *Pythium spp.*) können ebenfalls lokal zu einem Problem werden (Ebner und Scherer 2001; Altenkirch et al. 2002).

Bei **Lärche** (alle drei Waldgruppen) können Pilzerreger die Lärchennadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch schon ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadel-Vergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall bedingt absterben. Lärchenkrebs kann in Lagen hoher Luftfeuchte und insbesondere in dichten Beständen mit zu geringer Durchlüftung zur Schwächung oder sogar zum Ausfall der Baumart führen.

Die **Rot-Kiefer** ist vor allem durch *Dothistroma*-Nadelbräune und die Scleroderris-Krankheit (Kieferntriebsterben durch *Gremmeniella abietina*) gefährdet, sowie durch das Kieferntriebsterben im Zuge eines Befalls durch *Diplodia sapinea*. Dieser Schwächeparasit spielt vor allem an Schwarz-Kiefer eine wichtige Rolle, ähnlich wie das Triebschwinden durch *Cenangium ferruginosum*. Beide Kiefern-Arten können von Wurzelfäuleerregern betroffen sein, insbesondere Wurzelschwamm

(*Heterobasidion annosum* s.l.), Kiefernbraunporling (*Phaeolus schweinitzii*) und Krause Glucke (*Sparassis crispa*).

Die **Esche** ist in Österreich seit dem Jahr 2005 stark vom Eschensterben betroffen, welches in einigen Talschaften der Steiermark nahezu alle Eschen geschädigt oder zum Absterben gebracht hat. Die Befallsintensität ist in der Steiermark regional sehr unterschiedlich. Vor allem auf den Unterhang-Standorten, wo Esche gemeinsam mit den Ahornarten große Bedeutung hat, und in Tallagen (Bach begleitend) ist die vom Falschen Weißen Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöste Pilzerkrankung regional sehr stark präsent. Eine erfolgreiche Umsetzung forstlicher Vorhaben kann derzeit nicht erwartet werden, womit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung für diese Baumart derzeit nicht möglich ist. Resistentes Saatgut wird diese Situation jedoch fundamental verändern.

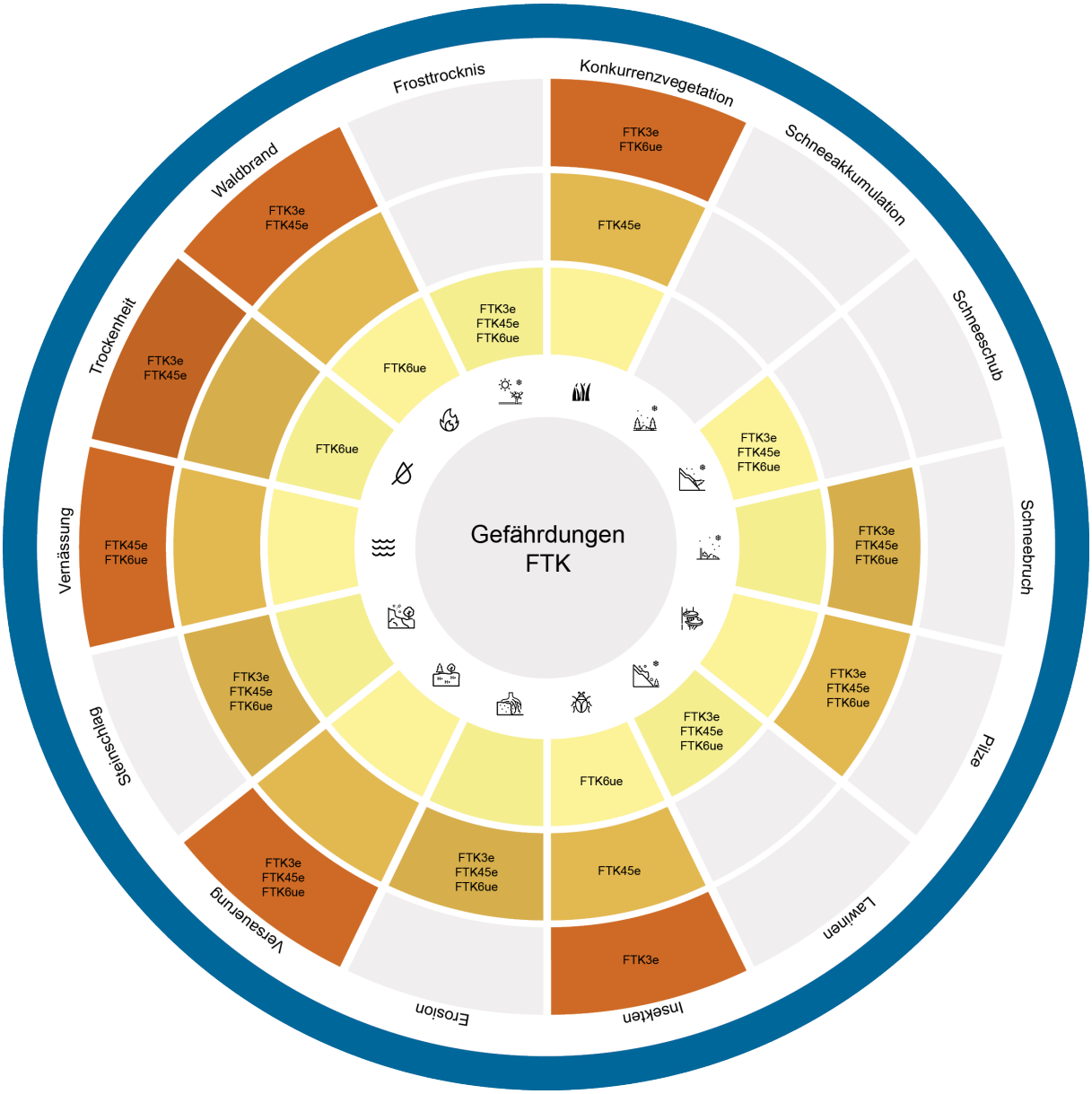


Abbildung 11.7: Limitierende Faktoren auf den Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FTK*.

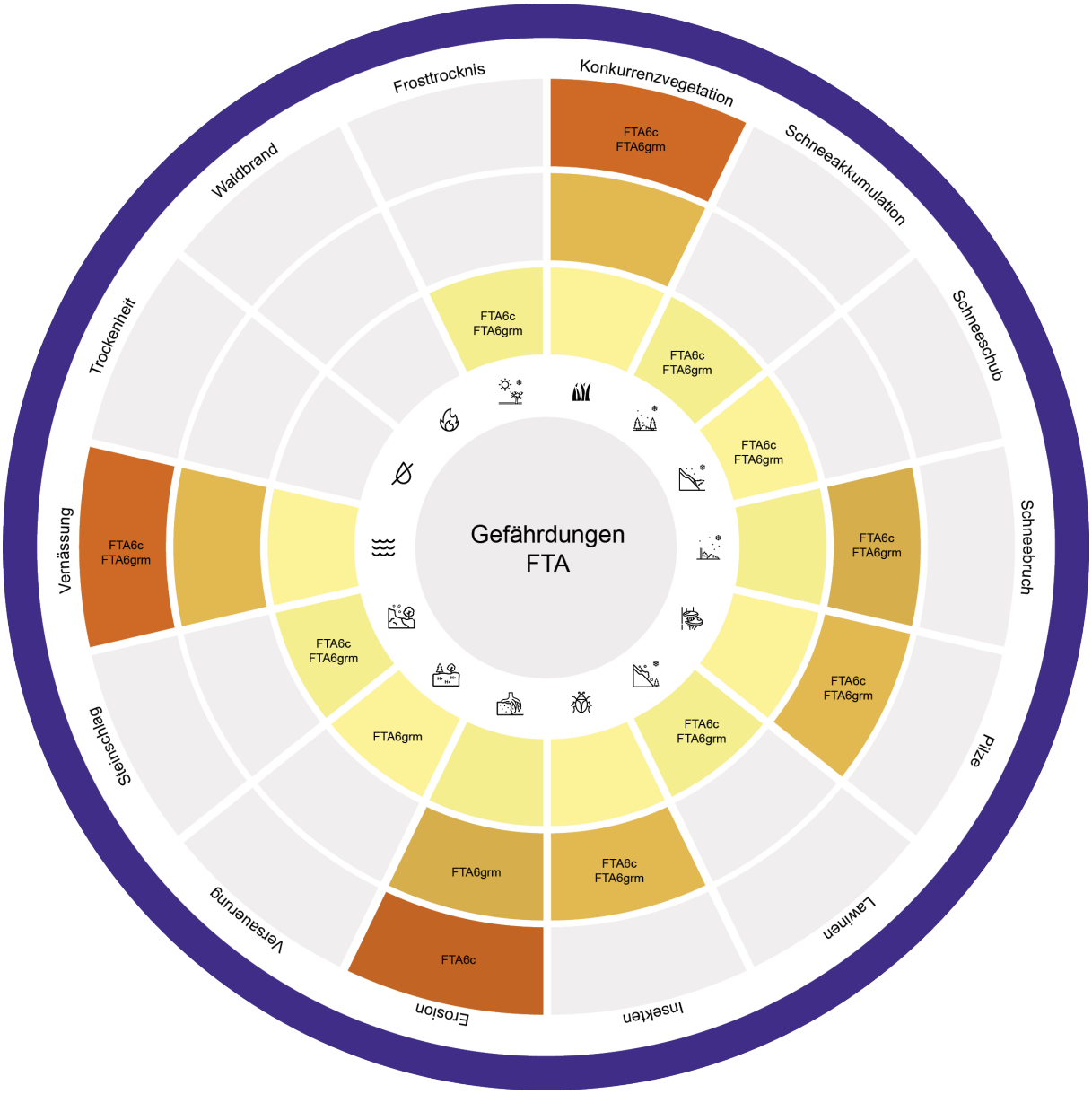


Abbildung 11.8: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf den Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FTA*.

In den Abb. 11.7 bis 11.9 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

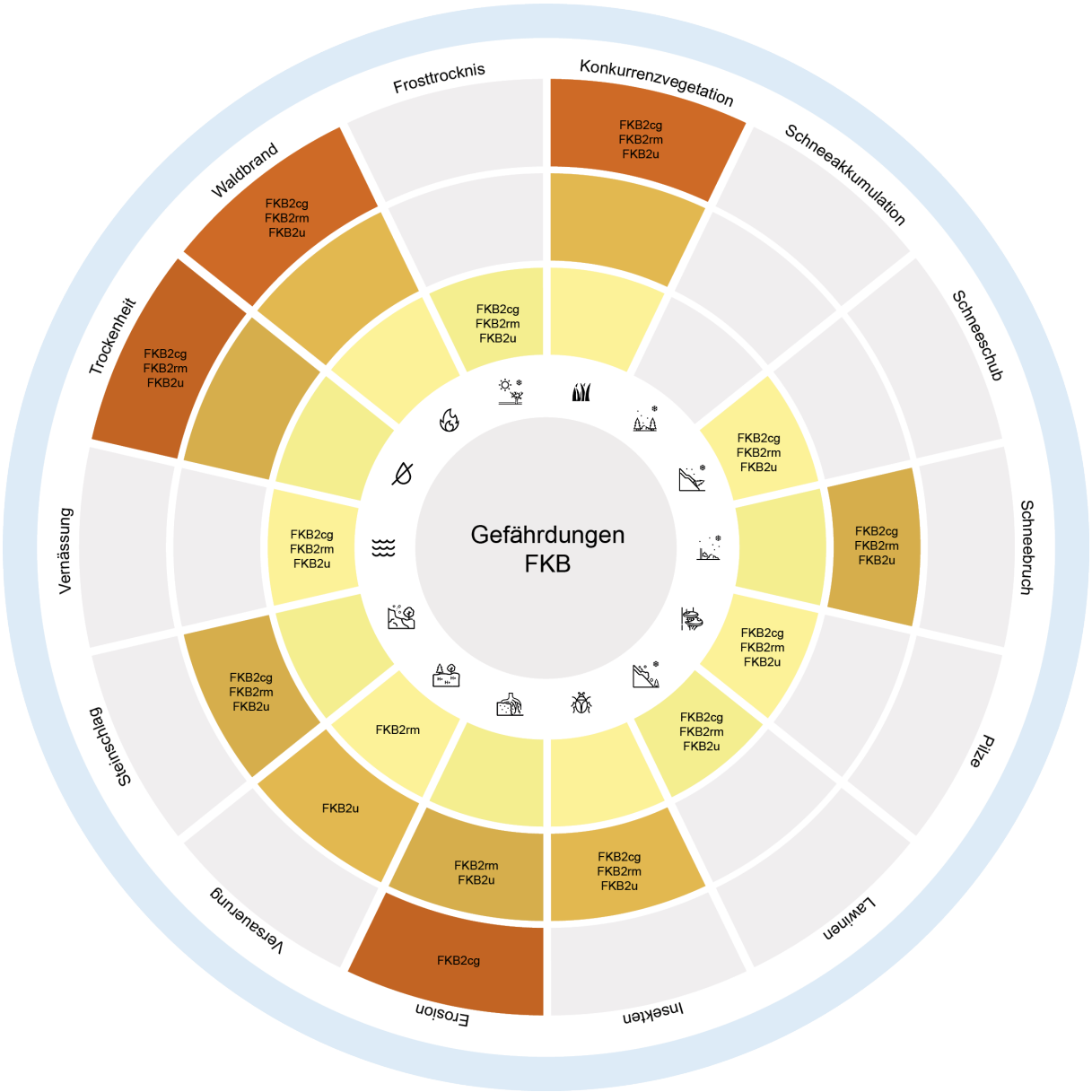


Abbildung 11.9: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf den Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe FKB*.

11.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen steigende Risiken für die Waldbestände und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten (siehe Kap. 11.3) erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* in der *mäßig milden* und *mäßig kühlen Mischwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände (Abb. 11.10) im Klimawandel in spezifischer Form gegeben.

In allen drei Waldgruppen ist das Begründen von Fichtenreinbeständen aufgrund des Klimawandels als höchst riskant einzustufen, weshalb davon abgeraten wird. Als Alternative dazu bieten sich klimafitte Mischungstypen an, welche spezifisch für jede der drei Waldgruppen definiert und entwickelt wurden.

In diesem Kapitel wird den unterschiedlichen Ausgangslagen in den drei Waldgruppen und den diversen Bestandestypen Rechnung getragen und die empfohlenen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

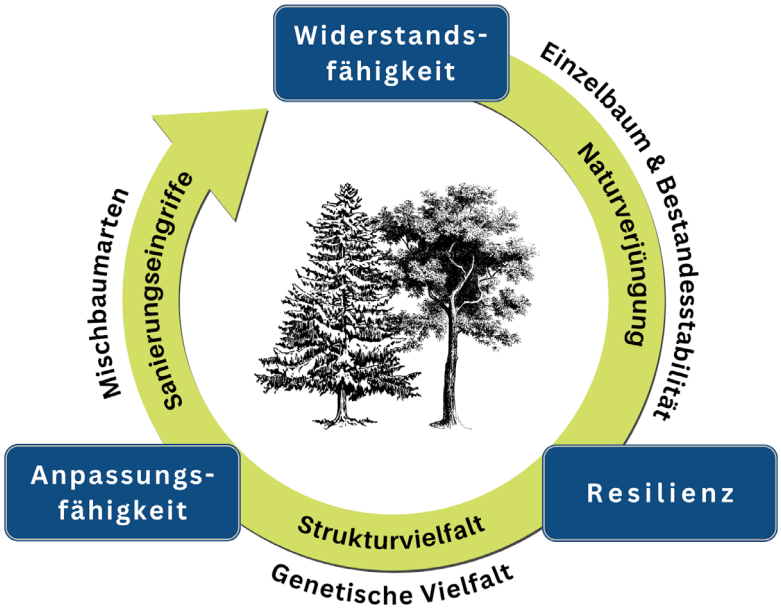


Abbildung 11.10: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

11.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungsverfahren oder Kunstverjüngungsverfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Dabei ist die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (Windwurf, Borkenkäferkalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* einen erhöhten Anteil an Naturverjüngung (10 - 20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz zu verbessern. Für die Naturverjüngung in den *Waldgruppen FTK* und *FKB* stellen neben dem Einfluss des Schalenwildes die standörtlichen Faktoren die wesentlichen limitierenden Rahmenbedingungen dar. Die Austrocknung des Oberbodens, Bodenerosion und lokal auch Verkrautung erschweren die Naturverjüngung. Aus diesen Gründen sind die Erhaltung eines schützenden Kronendachs sowie die Vermeidung von direkter Sonneneinstrahlung auf den südexponierten Hängen wesentliche Erfolgsfaktoren. Auch die Kronenpflege von den seltenen Laubholz-Samenbäumen hilft, die Reproduktion der Wälder nachhaltig zu sichern.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* von zentraler Bedeutung für die Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die geringere Vielfalt an Baumarten, welche in den drei Waldgruppen gedeihen kann, erschwert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Eine Reduktion des Risikos flächiger Trockenschäden kann durch Einbringung trockenresistenter Mischbaumarten (wie z.B. Schwarz-Kiefer, Douglasie) erzielt werden. Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen auch durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Genetische Vielfalt erhalten

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Kunstverjüngung muss den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist. Auch Wildlingsvermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar.

Die **Buche** ist in der *Waldgruppe FKB* konkurrenzstark und etabliert sich, so sie in der Baumschicht vorhanden ist, in der Naturverjüngung zahlreich und vital. Besonders basenreiche Substrate fördern die Buchennaturverjüngung, wodurch karbonatische Standorte (FKB2cg) oftmals von Buche dominiert werden. Aber auch saure Substrate (basenunterversorgte Standorte wie FKB2u) können von Buche erfolgreich besiedelt werden. Grundbedingung für eine erfolgreiche Buchenverjüngung sind waldökologisch tragfähige Wildstände. Buche erreicht aber wegen der mäßig trockenen Standorte nur geringe Wuchshöhen und verliert in der Klimazukunft rasch an Bedeutung.

Tanne ist auf allen Standorten der *Waldgruppen FTK* und *FTA* konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn sie im Altbestand vorhanden ist und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Die Ausbreitung von Tannensamen durch Vögel kann bei Vorhandensein von Samenbäumen einen relativ großen Raum durch Naturverjüngung abdecken.

Lärche kann sich auf allen Standorten der *Waldgruppen FTK* und *FKB* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. In der *Waldgruppe FTA* ist Lärche aufgrund der feuchten Böden jedoch nicht tauglich.

Die **Fichte** wird sich auf den Standorten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* in der Steiermark sowohl im Zuge der Naturverjüngung etablieren, als auch künstlich eingebracht werden. Der Fichtenanteil sollte allerdings in Hinblick auf die Baumartenvielfalt und Bestandesstabilität nicht dominieren. In *Waldgruppe FKB* sinkt die Eignung der Fichte in der Klimazukunft rasch und deutlich ab.

Die **Rot-Kiefer** kann sich auf den Standorten der *Waldgruppen FTK* und *FKB* mittels Naturverjüngung etablieren, so der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist.

Weitere Mischbaumarten in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens in der Regel mittels Naturverjüngung etablieren. Vogelbeere, Birke und Zitter-Pappel in der *Waldgruppe FTK*, Berg-Ahorn und Esche in der *Waldgruppe FTA* und Mehlbeere vor allem auf den basischen Standorten in der *Waldgruppe FKB* (FKB2cg, FKB2rm). Die Schwarz-Kiefer wird in dieser letzteren Waldgruppe zumeist künstlich eingebracht werden müssen.

In allen drei Waldgruppen werden die Eichenarten (vor allem Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) – beginnend von den tieferliegenden Standorten (mäßig milde Mischwaldzone) – einwandern. Sie sind regional bereits in der Naturverjüngung vorhanden und haben im Falle von waldökologisch tragfähigen Wildständen auch Entwicklungspotenzial.

Bei der künstlichen Einbringung von Mischbaumarten sind diese jedenfalls wirksam gegen Wildverbiss zu schützen, weil ansonsten diese Baumarten bei den derzeitigen Schalenwildbeständen nicht erfolgreich etabliert werden können. Die Lösung der Schalenwildfrage ist die Grundbedingung für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel.

Verbesserung der Einzelbaum- und Gruppenstabilität

Waldgruppe FTK

Für **Fichten- Tannen- Rot-Kiefern- Bestände & Lärchen- Fichten- Rot-Kiefern- Tannen- Bestände** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen empfohlen. Die Tanne und die Lärche erschließen vor allem tiefgründige Böden der Waldgruppe hervorragend. Die Förderung der Bestandesstabilität erfolgt insbesondere durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzelsystem, wodurch Tanne

und Lärche als Stabilitätsträger die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen und in weiterer Folge auch gegenüber Nassschnee zu erhöhen vermögen. Daher ist die Präsenz von kräftigen Tannen und Lärchen mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität von Waldbeständen. Auch Rot-Kiefer trägt zur Stabilität der Bestockung bei. Die Förderung von stabilen und vitalen Individuen aller vorhandenen Baumarten stärkt wiederum das Bestandesgefüge.

Waldgruppe FTA

Für die aktuell nur selten ausgebildeten **Fichten- Tannen- Grau-Erlen- Bestände** ist die Förderung von stabilen Tannen und Fichten (H/D < 0,8) zentral für die Verbesserung der Bestandesstabilität. Die Präsenz von stabilen Tannenindividuen (Tiefwurzler) auf den vernässten Standorten (Wasserhaushaltsstufe „feucht“) ist grundsätzlich die beste Garantie für Stabilität, auch gegenüber Windeinwirkung. Grau-Erle ist in den Waldbeständen zu erhalten, beziehungsweise in ihrer Entwicklung zu fördern, weil sie in Mischung mit den Nadelbaumarten das Bestandesgefüge verbessert und die feuchten Standorte gut erschließen kann.

Waldgruppe FKB

Die in der Waldgruppe heute stabilen **Buchen- Rot-Kiefern- Fichten- Bestände** sind zur Verbesserung ihrer Stabilität im Hinblick auf die H/D-Werte (< 0,8) der einzelnen Baumarten zu behandeln. Grundsätzlich ist die Rot-Kiefer die Baumart mit der größten Stabilität auf den mäßig trockenen Standorten der Waldgruppe. Fichte und Buche verlieren in der Klimazukunft rasch ihre Eignung.

Waldgruppen FTK und FKB

In den verbreiteten **Fichten-Lärchen-Beständen** in den *Waldgruppen FTK* und *FKB* ist auf eine hohe Einzelbaum-Stabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann und in trupp- bis gruppenweiser Mischung aufwächst. Mittelfristig ist die Überführung in klimafitte Mischungstypen (in diesen Waldgruppen immer mit Lärche und Fichte) zu empfehlen.

Waldgruppen FTK, FTA und FKB

In älteren einschichtigen **Fichtenreinbeständen** mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D-Werte > 0,8) wird für alle drei Waldgruppen empfohlen, instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen. In jüngeren Fichtenreinbeständen kann durch eine mäßige und wiederholte Auslesedurchforstung die Einzelbaumstabilität erhöht werden. Kurz- bis mittelfristig ist in diesen Fällen für alle drei Waldgruppen die Überführung oder Umwandlung in klimafitte Mischungstypen empfohlen.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Borkenkäfervermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* besonders stark betroffen. In den Waldvegetationszonen mäßig milde und mäßig kühle Mischwaldzone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten eines etwaigen Borkenkäferbefalls zu legen. Grund dafür sind die regional weit verbreiteten Fichtenwaldbestände in Kombination mit den relativ milden Jahresmitteltemperaturen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Mischwaldbestände sind die

beste Strategie, um der Borkenkäfer-Gefährdung zu begegnen. Dazu wurden für die verschiedenen Ausgangslagen in den drei Waldgruppen geeignete klimafitte Mischungstypen definiert.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen und verbreitet Spätfrost-Schäden auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*), insbesondere entlang der Mur- Mürzfurche, dokumentiert. Rechtzeitiges Entfernen der von Bockkäfer befallenen Lärchen kann den Populationsdruck verringern. Durch waldbauliche Maßnahmen können allerdings weder die Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche vermieden werden.

Die **Buche** (*Waldgruppe FKB*) kann vor Schäden durch den Buchenprachtkäfer durch das Vermeiden von plötzlichen Freistellungen und der daraus verminderten Anfälligkeit der Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden, bewahrt werden. Darüber hinaus wird dadurch auch die Entwicklung von „Buchen-Sonnenbrand“ vermieden.

Für **Tanne** (*Waldgruppe FTK* und *FTA*) sind Gefahren bezüglich eines Schädlingsbefalls mit der Tannentrieblaus durch das Vermeiden einer plötzlichen Freistellung von Tannen-Jungwuchs/Dickungen vermeidbar. Die Schattbaumart Tanne ist am besten unter Schirm zu verjüngen.

Für **Rot-Kiefer** wird empfohlen, allgemein Dichtstand und Wunden zu vermeiden, sowie stark befallene Baumindividuen zu entnehmen. Grundsätzlich sind Bestandeseingriffe in Kälteperioden (bei Minusgraden) weniger gefährlich in Bezug auf die Ausbreitung von Pilzsporen, das gilt allerdings auch für die anderen Baumarten.

11.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen gegeben. Besonders die reinen Fichtenbestände werden in der Klimazukunft in allen drei Waldgruppen unter den veränderten Rahmenbedingungen einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein. Daher ist auf die Überführung von Fichtenreinbeständen in allen drei Waldgruppen besonderes Augenmerk zu legen. Im folgenden Kapitel werden unter der Rubrik „Klimafitte Mischungstypen“ waldbauliche Strategien für die *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* beschrieben, wobei die unterschiedlichen Rahmenbedingungen bezüglich der jeweiligen Ausgangslage herausgearbeitet werden. Zur Erleichterung der Verständlichkeit werden alle klimafitten Mischungstypen basierend auf der jeweiligen Waldgruppe definiert und entwickelt. Grundbedingung für die Erzielung klimafitter Mischungstypen ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen. Nur so kann die erfolgreiche Verjüngung und Entwicklung aller erwünschten Baumarten nachhaltig umgesetzt werden. Für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel ist das eine Grundvoraussetzung.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* müssen dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumarten-

Kombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Mischwaldbestände), während in den reinen Fichtenbeständen die Beimischung von Nadel- und Laubbaumarten notwendig ist. Die Beimischung von Laubbaumarten verbessert die Bestandesstabilität und Resilienz insgesamt (Valinger und Fridman 2011; Jactel et al. 2017), außerdem kann es besonders auf ärmeren Standorten zu einer verbesserten Wuchsleistung insgesamt kommen (Pretzsch et al. 2010). Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben und Tabelle 11.4 gibt einen zusammenfassenden Überblick.

Dabei ist die Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* in der Zukunft zu beachten und die digitale Standortskarte zu prüfen. Durch die Berücksichtigung der Waldgruppe und Standortseinheit, für die eine zukünftige Veränderung in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085 simuliert wird, kann ein passender klimafitter Mischungstyp ausgewählt werden (Tab. 11.4). Wesentlich ist dabei, dass alle definierten Mischungstypen bereits heute Standortstauglichkeit aufweisen, und zusätzlich in der Klimazukunft geeignet sind. Das ist die Grundlage für die waldbauliche Umsetzung der Empfehlungen in der Gegenwart.

Waldgruppe FTK

Fi - Ta - RKi - Lä (höhergelegene Standorte in der mäßig kühlen Mischwaldzone, nicht für FTK6ue)

In den höhergelegenen Bereichen der *Waldgruppe FTK*, und zwar vor allem in der mäßig kühlen Mischwaldzone, erlaubt die Mischung von Fichte, Tanne, Rot-Kiefer und Lärche eine bessere Anpassungsfähigkeit im Klimawandel, als reine Fichtenbestände. Tanne und Lärche bringen Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und Nassschnee und erschließen die Nährstoffvorräte in tiefliegenden Bodenschichten. Rot-Kiefer bereichert mit Fichte das Spektrum der Nadelbaumarten in dieser Waldgruppe.

Fi - Ta - RKi (höhergelegene Standorte in der mäßig kühlen Mischwaldzone, auch auf FTK6ue)

Weil Lärche schlecht durchlüftete Böden nicht stabil bestocken kann, ist auf der genannten Waldstandortseinheit FTK6ue die Mischung von Fichte, Tanne und Rot-Kiefer in der mäßig kühlen Mischwaldzone (höhergelegenen Standorte der Waldgruppe) zu empfehlen.

Fi - Ta - RKi - Lä - StEi (tiefergelegene Standorte, daher in der mäßig milden Mischwaldzone, vor allem für Regionen mit natürlichem Vorkommen der Stiel-Eiche, nicht für FTK6ue)

In den tiefergelegenen Bereichen der *Waldgruppe FTK*, und zwar vor allem auf sonnseitigen Standorten in der mäßig milden Mischwaldzone, erlaubt die Integration von Stiel-Eiche zur Mischung von Fichte, Tanne, Rot-Kiefer und Lärche eine verbesserte Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel, als reine Fichtenbestände. Tanne, Stiel-Eiche und Lärche bringen Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und Nassschnee und erschließen die Nährstoffvorräte in tiefliegenden Bodenschichten. Rot-Kiefer bereichert mit Fichte das Spektrum der Nadelbaumarten in dieser Waldgruppe. Die Integration von Stiel-Eiche wird zumeist mittels Saat oder Förderung von Naturverjüngung zu bewältigen sein.

Fi - Ta - RKi - Lä - TrEi (tiefergelegene Standorte, daher in der mäßig milden Mischwaldzone, vor allem für Regionen mit natürlichem Vorkommen der Trauben-Eiche, nicht für FTK6ue)

Die Argumentation für diesen Mischungstyp folgt der oben beschriebenen und gilt für Bestände mit natürlicher Präsenz der Trauben-Eiche.

Fi - Ta - RKi - StEi (tiefergelegene Standorte in der mäßig milden Mischwaldzone, auch auf FTK6ue)

Weil Lärche schlecht durchlüftete Böden nicht stabil bestocken kann, ist auf der genannten Waldstandortseinheit FTK6ue die Mischung von Fichte, Tanne, Rot-Kiefer und Stiel-Eiche in der mäßig milden Mischwaldzone (tiefergelegenen Standorte der Waldgruppe) zu empfehlen. Die Stiel-Eiche vermag zusätzlich zu allen anderen Waldstandortseinheiten der Waldgruppe auch die zumeist staunassen und feuchten Standorte von FTK6ue sehr gut aufzuschließen und verspricht im Klimawandel eine deutlich verbesserte Stabilität der angesprochenen Waldbestände.

Waldgruppe FTA

Ta - Fi - BAh - GEr (vor allem höhergelegene Standorte, also in der mäßig kühlen Mischwaldzone)

Tanne vermag die staunassen und feuchten Standorte mittels ihrer Pfahlwurzel stabil zu bestocken und kann somit sowohl Wasser- als auch Nährstoffvorräte der tiefen Bodenhorizonte erschließen. Fichte profitiert in der Mischung mit Tanne davon. Berg-Ahorn und Grau-Erle sind exzellent dafür geeignet, eine stabile Laubbaumbestockung auf den feuchten Standorten zu garantieren.

Ta - Fi - StEi - BAh - GEr (vor allem tiefergelegene Standorte, in der mäßig milden Mischwaldzone)

Auf sonnexponierten Standorten der *Waldgruppe FTA* in der milden Mischwaldzone kann bereits heute mit der Integration von Stiel-Eiche in die Baumartenmischung begonnen werden. Stiel-Eiche und Tanne können mit ihren Pfahlwurzeln die staunassen und feuchten Standorte stabil bestocken. Fichte profitiert in der Mischung davon. Berg-Ahorn und Grau-Erle sind exzellent dafür geeignet, die stabile Laubbaumbestockung auf den feuchten Standorten zu ergänzen. Die Stiel-Eiche wird zumeist mittels Saat künstlich einzubringen sein, in einigen Fällen kann Naturverjüngung von ihr gefördert werden.

Waldgruppe FKB

RKi - Lä - Mb - (Bi) (vor allem höhergelegene Standorte, in der mäßig kühlen Mischwaldzone, alle Waldstandortseinheiten)

In den höhergelegenen Bereichen der *Waldgruppe FKB*, also in der mäßig kühlen Mischwaldzone, ist die Mischung von Rot-Kiefer, Lärche und Mehlbeere als klimafit zu definieren und bietet in Relation zu Fichtenreinbeständen eine deutlich höhere Stabilität. Birke ist statt Mehlbeere auf basenunterversorgten Standorten zu verwenden. Rot-Kiefer vermag die mäßig trockenen Standorte gut aufzuschließen. Die Mischung mit Mehlbeere (oder Birke) verbessert einerseits die Humusdynamik und erlaubt andererseits Lärche noch akzeptable Wuchsleistungen.

SKi - RKi Mb - (Bi) (vor allem tiefergelegene Standorte, in der mäßig milden Mischwaldzone – besonders gut geeignet für FKB2cg und FKB2rm, mit Birke auch für FKB2u)

In den tiefergelegenen Bereichen der *Waldgruppe FKB*, also in der mäßig milden Mischwaldzone, ist die Mischung von Schwarz-Kiefer, Rot-Kiefer und Mehlbeere als klimafitte Alternative anzuführen. Die Schwarz-Kiefer vermag bessere Wuchsleistungen zu erzielen als Rot-Kiefer und ist unter wärmeren und trockeneren Standortsverhältnissen stabil. Die Mehlbeere ergänzt die Nadelbaumarten, um auch die Humusdynamik zu verbessern. Auf basenunterversorgten Standorten sind statt Schwarz-Kiefer und Mehlbeere die Rot-Kiefer und Birke zu etablieren.

FlEi - SKi - RKi (vor allem tiefergelegene Standorte in der mäßig milden Mischwaldzone – besonders gut geeignet für FKB2cg und FKB2rm)

Auf besonders warmen Standorten in den tiefergelegenen Bereichen der *Waldgruppe FKB*, also in der mäßig milden Mischwaldzone, ist die Mischung von Flaum-Eiche, Schwarz-Kiefer und Rot-Kiefer eine klimafitte Alternative. Die Flaum-Eiche verspricht stabiles Wachstum im Klimawandel. Schwarz-Kiefer und Rot-Kiefer können Nadelwertholz erbringen und die Standorte stabil bestocken. Schwarz-Kiefer wird auf diesen Standorten im Klimawandel eine gesuchte Alternative darstellen, zumal sie relativ gute Wüchsigkeiten erzielen kann.

TrEi - SKi - RKi (vor allem tiefergelegene Standorte, also in der mäßig milden Mischwaldzone – geeignet für FKB2rm und FKB2cg)

Auf besonders warmen Standorten in den tiefergelegenen Bereichen der *Waldgruppe FKB*, also in der mäßig milden Mischwaldzone, ist die Mischung von Trauben-Eiche, Schwarz-Kiefer und Rot-Kiefer eine klimafitte Alternative. Die Trauben-Eiche kann die Standorte gut erschließen und verspricht stabiles Wachstum im Klimawandel. Schwarz-Kiefer und Rot-Kiefer können Nadelwertholz erbringen und die Standorte stabil bestocken.

Tabelle 11.4: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedlicher zukünftiger Waldgruppen.

Heutige Waldgruppe	**Lokalität und Spezifikation**	**Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
FTK	mäßig milde Mischwaldzone	FTK, EIK, KI	Fi - Ta - RKi - Lä - StEi
			Fi - Ta - RKi - Lä - TrEi
			Fi - Ta - RKi - StEi
	mäßig kühle Mischwaldzone	FTK	Fi - Ta - RKi - Lä
			Fi - Ta - RKi
FTA	mäßig milde Mischwaldzone	EB	Ta - Fi - StEi - BAh - GEr
	mäßig kühle Mischwaldzone	FTA	Ta - Fi - BAh - GEr
FKB	mäßig milde Mischwaldzone	EIm, EB, KI	SKi - RKi - Mb
			FlEi - SKi - RKi
			TrEi - SKi - RKi
	mäßig kühle Mischwaldzone	FKB	RKi - Lä - Mb - (Bi)

* sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

11.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* in der Klimazukunft eine geringere Baumarteneignung als die jeweiligen Mischbestände. Abhängig vom aktuellen Bestandeszustand und den Standortsbedingungen und der Seehöhe können diese Bestände daher in passende klimafitte Mischungstypen mittelfristig überführt oder rasch umgewandelt werden (Tab. 11.4).

11.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* dargestellt. Welche zukünftigen Standortsbedingungen für diese Optionen unterstellt wurden, ist in der betreffenden Tab. 11.4 referenziert. Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand ausgeführt, darüber hinaus wurden für alle diese Optionen die Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert. Dabei wurden jeweils zwei Waldbaukonzepte (Lochhieb, Saumschlag) für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwaldcharakter beschrieben.

In Tab. 11.5 wurde als Ausgangslage jeweils ein einschichtiger Fichtenreinbestand (100 % Fichte) im Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholzstadium unterstellt. Das dargestellte Konzept lässt sich auf den meisten Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTK* anwenden. Die erste Option (nicht tauglich für FTK6ue) bezieht sich auf Standorte der *Waldgruppe FTK* in den höhergelegenen Regionen (mäßig kühle Mischwaldzone) und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Tanne, Lärche, Rot-Kiefer und Fichte und wird mittels Lochhieben umgesetzt. Die zweite Option bezieht sich auf Standorte der *Waldgruppe FTK* in den tiefergelegenen Regionen (also mäßig milde Mischwaldzone) und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Tanne, Stiel-Eiche, Rot-Kiefer und Fichte (für alle Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTK* tauglich).

In Tab. 11.6 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in einschichtigen Fichtenbeständen (100 % Fichte) der *Waldgruppe FTA* in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse präsentiert. Die erste Option bezieht sich auf Standorte der *Waldgruppe FTA* in den höhergelegenen Regionen (also mäßig kühle Mischwaldzone) und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Tanne, Fichte, Berg-Ahorn und Grau-Erle und wird mittels Lochhieben umgesetzt. Die zweite Option bezieht sich auf Standorte der *Waldgruppe FTA* in den tiefergelegenen Regionen (mäßig milde Mischwaldzone), wo Eichenarten bereits etabliert werden können und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Tanne, Stiel-Eiche, Fichte, Berg-Ahorn und Grau-Erle. Im letzteren Fall erfolgt die Verjüngung mittels Saumschlagverfahren. Beide Optionen sind für alle Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FTA* tauglich.

In Tab. 11.7 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in einschichtigen Fichtenbeständen (100 % Fichte) der *Waldgruppe FKB* in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse präsentiert. Die erste Option bezieht sich auf Standorte der *Waldgruppe FKB* in den höhergelegenen Regionen (also mäßig kühle Mischwaldzone) und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Rot-Kiefer, Lärche und Mehlbeere (Birke) und wird mittels Lochhieben umgesetzt. Diese Option ist für alle Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe FKB* tauglich. Die zweite Option bezieht sich auf Standorte der *Waldgruppe FKB* in den tiefergelegenen Regionen (mäßig milde Mischwaldzone), wo Eichenarten bereits etabliert werden können und Buche und Fichte an Tauglichkeit einbüßen. Sie umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Trauben-Eiche, Schwarz-Kiefer und Rot-Kiefer. Im letzteren Fall wird das Saumschlagverfahren zur Verjüngung der Bestände eingesetzt. Diese Option ist für die Waldstandortseinheiten FKB2cg und FKB2rm definiert.

Tabelle 11.5: *Waldgruppe FTK* - Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Fichtenreinbeständen in die klimafitten Mischungstypen Fichte- Tanne- Rot-Kiefer- Lärche und Tanne- Stiel-Eiche- Fichte- Rot-Kiefer.

FTK – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **Ta-Lä-Fi-RKi**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Ta-StEi-Fi-RKi**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten-Individuen werden in den Reinbeständen belassen; Tanne, Rot-Kiefer und Lärche werden auf Lochhiebsflächen gepflanzt. **Ziel**: Tanne 30 %, Lärche 30 %; Fichte 20 %, Rot-Kiefer 20 %, U = 100-120 Jahre	Keine Eingriffe in bestehende Fichten-Bestände (StH, BH), Etablierung von Fichte, Tanne, Rot-Kiefer und Stiel-Eiche auf den Saumschlagflächen mittels Pflanzung und Saat. **Ziel**: Tanne 20 %, Stiel-Eiche 30 %; Fichte 20 %, Rot-Kiefer 30 %, U = 100-120 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von Ta, RKi und Lä in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi, Förderung von vitaler Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta, RKi und Lä.	Pflanzung von Ta, Fi, RKi; Saat von StEi nach Bodenbearbeitung entsprechend des Bestockungszieles auf vorhandenen oder zu schaffenden Lücken; Entnahme von weniger vitalen Fi, Förderung von einzelnen vitalen Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta, RKi und StEi.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten von Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta, RKi und Lä entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von weniger vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken (Annäherung an das Bestockungsziel, falls möglich).	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten von Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta, RKi und Saat von StEi nach Bodenbearbeitung entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von weniger vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken (Annäherung an das Bestockungsziel, falls möglich).
Stangenholz	
Entfernung kranker/instabiler Fi; Stabilitäts-förderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität; Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen; Entnahme besonders schlanker Fi.	Entfernung kranker/instabiler Fi; Stabilitäts-förderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität; Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen; Entnahme von besonders schlanken Fi.
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: Fi mittels Lochhieben nutzen (1,5 bis 2 Baumlängen Durchmesser), auf entstandenen Freiflächen die Pflanzung von RKi und Lä; Voranbau von Ta unter Schirm, um Wuchsvorsprung zu ermöglichen; in Folge Integration der Fi-Naturverjüngung mit Mischbaumarten gemäß Bestockungsziel. Lä und RKi sind dabei in Gruppen zu etablieren.	Saumschläge in hiebsreifem Fichten-Baumholz: mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung; Etablierung Ta und Fi am Innensaum; RKi und StEi am Außensaum, Voranbau von Ta unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen; StEi nach Bodenbearbeitung mittels Saat begründen, 3-5 Jahre zeitlich vorziehen. Alternativ auch Nesterpflanzung von Eiche; Ausformung von Gruppen reduziert Konkurrenz zwischen Baumarten.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Ta, Lä, RKi und Fi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die künstliche Etablierung der schattentoleranten Ta in der Naturverjüngung erlaubt langfristig eine vertikale Strukturierung der Bestände; RKi und Lä werden weiterhin mittels Lochhieben etabliert werden müssen (Dauerwald-System für die Integration von Lichtbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 11.6: *Waldgruppe FTA* - Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Fichtenreinbeständen in die klimafitten Mischungstypen Tanne- Fichte- Berg-Ahorn- Grau-Erle oder Tanne- Fichte- Stiel-Eiche- Berg-Ahorn- Grau-Erle.

FTA – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **Ta-Fi-BAh-GEr**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **Ta-Fi-StEi-BAh-GEr**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten-Individuen werden in den Reinbeständen belassen, Berg-Ahorn und Grau-Erle werden auf Lochhiebsflächen gepflanzt, Tanne wird im Voranbau eingebracht **Ziel**: Tanne 30 %, Fichte 30 %, Berg-Ahorn 20 %, Grau-Erle 20 %; U = 100-120 Jahre	Keine Eingriffe in bestehende Fichten-Bestände (StH, BH), Etablierung von Tanne, Fichte, Stiel-Eiche, Berg-Ahorn und Grau-Erle auf den Saumschlagflächen mittels Pflanzung und Saat. **Ziel**: Tanne 20 %, Fichte 20 %, Stiel-Eiche 40 %, Berg-Ahorn 10 %, Grau-Erle 10 %; U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von Ta, BAh und GEr in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von weniger vitalen Fi, Förderung von vitaler Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von Ta, BAh und GEr.	Pflanzung von Ta, BAh und GEr, Saat von StEI auf vorhandenen oder zu schaffenden Lücken entsprechend des Bestockungszieles. Entnahme von weniger vitalen Fi, Förderung von vitaler Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta, BAh und GEr entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von weniger vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken (Annäherung an das Bestockungsziel, falls möglich).	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von Ta, BAh und GEr und Saat von StEi nach Bodenbearbeitung entsprechend den Zielvorgaben des Mischungstyps und nach Entfernung von wenig vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken (falls möglich).
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen; Entnahme besonders schlanker Fi).	Entfernung von kranken oder instabilen Fi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen; Entnahme besonders schlanker Fi).
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: 1-1,5 Baumlängen Durchmesser; auf entstandenen Freiflächen Pflanzung von BAh und GEr gemäß des Bestockungsziels. Tanne im Voranbau unter Schirm der Fi, sich einstellende Fi-Naturverjüngung wird gruppenweise mit den Mischbaumarten integriert.	Nutzung von hiebsreifem Fichten-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung Fi am Innensaum; StEi-Saat am Außensaum nach Bodenbearbeitung (3-5 Jahre vorziehen), BAh und GEr in Gruppen beimischen; Voranbau Ta unter Schirm bei Fehlen von Samenbäumen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Ta, StEi, Fi, BAh und GEr überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die künstliche Etablierung der schattentoleranten Ta in der Naturverjüngung erlaubt mittelfristig eine vertikale Strukturierung der Bestände. StEi wird weiterhin in Lochhieben (1-2 Baumlängen Durchmesser) verjüngt werden müssen (Dauerwald-System zur Integration von Lichtbaumarten). BAh und GEr sind mittels Pflanzung kurz- bis mittelfristig in Gruppen einzubringen. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 11.7: *Waldgruppe FKB* - Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Fichtenreinbeständen in die klimafitten Mischungstypen Rot-Kiefer- Lärche- Mehlbeere oder Trauben-Eiche- Schwarz-Kiefer- Rot-Kiefer.

FKB – Anpassungsoptionen für Fichtenreinbestände	
Überführung in **RKi-Lä**-Mb-(Bi)-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **TrEi-SKi-RKi**-Bestände durch **Saumschläge**
Stabile Fichten-Individuen werden in den Reinbeständen belassen, Rot-Kiefer, Lärche und Mehlbeere werden auf Lochhiebsflächen gepflanzt. **Ziel**: Rot-Kiefer 50 %, Lärche 30 %, Mehlbeere 20 % (oder Birke 20 %) U = 80-120 Jahre	Keine Eingriffe in bestehenden Fichtenbeständen (StH, BH), Etablierung von Trauben-Eiche (Saat) und von Schwarz-Kiefer und Rot-Kiefer (Pflanzung) auf Saumschlagflächen. **Ziel**: Trauben-Eiche 40 %, Schwarz-Kiefer 30 %, Rot-Kiefer 30 %; U = 80-120 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von Lä, RKi und Mb (oder Bi) in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von wenig vitalen Fi, Förderung vitaler Fi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von RKi, Lä und Mb (Bi).	Pflanzung von SKi und RKi; Saat von TrEi nach Bodenbearbeitung entsprechend Bestockungsziel auf Jungwuchsflächen nach Entfernung von Fi-Gruppen. Saat von TrEi zeitlich vorziehen (3-5 Jahre), danach Pflanzung der Kiefernarten. Mischungsregulierung entsprechend des Bestockungsziels.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von RKi, Lä und Mb (Bi) entsprechend Zielvorgaben nach Entfernung von weniger vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken (Annäherung an Bestockungsziel, falls möglich).	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten und vitaler Fi; Ergänzungspflanzung von SKi und RKi sowie Saat von TrEI entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von weniger vitalen Jung-Fi oder in vorhandenen Lücken (Annäherung an das Bestockungsziel, falls möglich).
Stangenholz	
Entfernung kranker/instabiler Fi; Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen; Entnahme besonders schlanker Fi).	Entfernung kranker/instabiler Fi; Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen; Entnahme besonders schlanker Fi).
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: 1-2 Baumlängen Durchmesser, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt die Pflanzung von RKi, Lä und Mb (oder Bi) in Gruppen gemäß des Bestockungsziels.	Nutzung von hiebsreifem Fichten-Baumholz durch Saumschläge mit 1-2 Baumlängen entgegen der Hauptwindrichtung, Etablierung von RKi und SKi am Innensaum (Pflanzung); TrEi am Außensaum mittels flächiger Bodenbearbeitung und Saat, jene ist zeitlich vorzuziehen (3-5 Jahre); bei großen gleichaltrigen Beständen eventuell Gliederungshiebe anlegen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-Reinbestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit Rki, Lä und Mb (oder Bi) überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Die Etablierung der Lichtbaumarten RKi und Lä erfordert die Nutzungen durch Lochhiebe mit 1-2 Baumlängen Durchmesser (Dauerwald-System für Licht- und Halbschattbaumarten). **Zeitraum > 100 Jahre.**	

11.5 Waldbau im Schutzwald

In den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* sind in der Steiermark regional Schutzwaldanteile gegeben. Speziell in steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen und felsigen Taleinhängen ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* ist wesentlich für deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standortsbedingungen bestimmt. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Nadel- und Laubbaumarten gemeinsam vorhanden sind. Etwa gegenüber Sturm sind Mischbestände aus Laubbaumarten und Nadelbaumarten deutlich beständiger (Schmidt et al. 2005). Als besonders bedeutsame Baumarten für eine effiziente Schutzwirkung sind für die *Waldgruppe FTK* Fichte, Tanne, Rot-Kiefer und Lärche anzuführen. Für die *Waldgruppe FTA* sind es Tanne, Fichte, Stiel-Eiche, Berg-Ahorn und Grau-Erle. Für die *Waldgruppe FKB* sind Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Lärche und Mehlbeere (oder Birke auf Basenklasse „u“) hervorzuheben. Es ist zu beachten, die durch den Klimawandel bedingte mögliche Einwanderung der Eichenarten in die Waldbestände der heutigen *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern. Es ist für waldökologisch tragfähige Schalenwildbestände zu sorgen, um die erfolgreiche Verjüngung und Entwicklung aller erwünschten Baumarten und somit die Schutzwaldfunktionen nachhaltig sicherstellen zu können. Besonders die Eichenarten sind aktuell durch Wildverbiss in ihrer Entwicklung gehemmt bzw. können nicht in das Dickungsstadium einwachsen.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil (Thomasius 1996; Frehner et al. 2005). Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in den *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* effizient umsetzbar, wenn die verfügbare Baumartenvielfalt genutzt wird. Bereits 1831 hat Zötl erkannt, dass die „Ungleichheit an Alter und Größe“ Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist. Auf möglichst langkronige, abholzige Waldränder ist ebenfalls zu achten (auch Frehner et al. 2005; Frehner 2001).

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Zahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor.

Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist das Vorkommen von Stabilitätsträgern der bereits genannten Baumarten von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Je nach Waldgruppe sind das Tanne, Rot-Kiefer, Lärche oder Buche. Weitere bedeutsame Stabilitätsträger sind die Ahornarten (Berg-Ahorn), Vogelbeere, Grau-Erle und alle weiteren vitalen und stabilen Baumarten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB*. In der Klimazukunft können auch die Eichenarten (Flaum-Eiche, Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) zu Stabilitätsträgern heranreifen.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* möglichst geschlossen und strukturreich zu halten. Bei Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind Bestandeslücken daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden. Tiefwurzelnde Baumarten (Tanne, Lärche, in der Klimazukunft auch Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden. Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration der Erosion entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während Fichte nach Verletzungen anfällig für Fäule ist, sind Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Tanne, Lärche und Berg-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch weitere Laubbaumarten der *Waldgruppen FTK, FTA* und *FKB* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Buche, Eichenarten). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner et al. 2005).

In den ersten Jahren bremsen liegende Stämme rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit es nur zum Bremsen und nicht dazu kommt, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus abgelagerte Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer, 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ werden und ihre räumliche Wirkung verstärken. Insgesamt ist darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern (Buche) und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

12. ElK, Elm, Els

ElK – Eichen-Kiefernwald-Standorte
Elm – Eichenwald-Standorte (sub)mediterran (Flaum-Eiche)
Els – Eichenwald-Standorte subkontinental (Zerr-Eiche)
in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone

Tabelle 12.1: Übersicht zu den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen ElK, Elm* und *Els* in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
ElK				**9.710 ha / 0,9 %**
ElK12ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	trocken bis mäßig trocken	664 ha / 6,8 %
ElK34ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	mäßig frisch bis frisch	6.968 ha / 71,8%
ElK5ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	sehr frisch	1.114 ha / 11,5 %
ElK6ue	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht	964 ha / 9,9 %
Elm				**1.077 ha / 0,1 %**
Elm12cg	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	trocken bis mäßig trocken	1.077 ha / 100 %
Els				**978 ha / 0,09 %**
Els12rm	basenreich und basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	trocken bis mäßig trocken	491 ha / 76,5 %

Charakteristika

Verbreitung

Alle nachfolgend genannten Waldgruppen kommen aktuell in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone der Steiermark vor. In der Klimazukunft können sie auch die milde bis sehr warme Laubwaldzone (welche im aktuellen Klima noch nicht ausgebildet ist) umspannen.

Die *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte) kommt auf rund 9.710 ha (0,9 % der Waldfläche) vor und ist durch extrem basenarme oder basenunterversorgte Standorte charakterisiert (Basenklassen „e“ und „u“). Das sind derart saure Silikatgesteine, dass dort Hainbuche nicht mehr gedeihen kann.

Die *Waldgruppe Elm* (Eichenwald-Standorte [sub]mediterran [Flaum-Eiche]) kommt auf rund 1.077 ha (0,1 % der Waldfläche) vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufen „trocken“ und „mäßig trocken“ und die Basenklassen „c“ und „g“ gekennzeichnet. Diese Standorte können am besten vom Baumartenspektrum dieser Waldgruppe, allen voran der Flaum-Eiche, bestockt werden.

Die *Waldgruppe EIs* (Eichenwald-Standorte subkontinental [Zerr-Eiche]) kommt auf rund 978 ha (0,09 % der Waldfläche) vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufen „trocken“ und „mäßig trocken“ und den Basenklassen „r“ und „m“ gekennzeichnet. Das sind Standorte, welche aufgrund der Trockenheit am besten vom Baumartenspektrum der *Waldgruppe EIs*, allen voran von der Zerr-Eiche, besiedelt werden können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass aufgrund extremer Standortsverhältnisse Hainbuche generell nicht gedeihen kann (zu sauer – EIK oder zu trocken – EIm und EIs). Deshalb sind die in den drei Waldvegetationszonen eigentlich dominanten *Waldgruppen EB, EH* und *EHb* auf den betreffenden Waldstandortseinheiten nicht ausgebildet.

Baumartenspektrum

EIK: Stiel-Eiche, Rot-Kiefer (außer sehr warme Laubwaldzone), Tanne (nur frische bis feuchte Standorte), Edelkastanie, Trauben-Eiche, Birke, Vogelbeere, Winter-Linde - (folgende Baumarten nur eingesprengt und auf Basenklasse „u“: Buche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Esche, Hopfenbuche, Manna-Esche)

EIm: Flaum-Eiche, Trauben-Eiche, Schwarz-Kiefer, Feld-Ahorn, Mehlbeere, Elsbeere, Buche, Speierling, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Esche, Walnuss, Hopfenbuche, Manna-Esche, Wild-Apfel, Wild-Birne, Sommer-Linde, Winter-Linde

EIs: Zerr-Eiche, Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Flaum-Eiche, Balkan-Eiche, Feld-Ahorn, Edelkastanie, Elsbeere, Speierling, Spitz-Ahorn, Berg-Ahorn, Esche, Schwarz-Kiefer, Hopfenbuche, Manna-Esche, Buche, Sommer-Linde, Winter-Linde

Gastbaumarten

EIK und EIs: Rot-Eiche (*Quercus rubra*), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Libanon-Zeder *(Cedrus libani*), Kork-Eiche (*Quercus suber*), Balkan-Eiche (*Quercus frainetto*)

EIm: Stein-Eiche (*Quercus ilex*), Libanon-Zeder (*Cedrus libani*)

12.1 Standorte heute



Abbildung 12.1: Aktuelle Verbreitung der *Waldgruppen EIK, EIm und EIs* in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone der Steiermark. Daten-Basis: Standortsmodell.

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* kommen in der Steiermark vor allem im Ost- und Weststeirischen Hügelland, im Grazer Becken und im unteren Murtal vor (Abb. 12.1). Das sind Lagen welche mit der *mäßig warmen bis milden Laubwaldzone* korrespondieren. Diese drei Waldvegetationszonen erstrecken sich in ihrem Kernbereich im aktuellen Klima etwa zwischen 200 m und 600 m Seehöhe (siehe Abb. 12.4, 12.5 und 12.6). Alle drei Waldgruppen weisen standörtliche Charakteristika auf, welche das Auftreten der großen Waldgruppen - *EB* in der milden Laubwaldzone, *EH* in der sehr milden Laubwaldzone und *EHb* in der mäßig warmen Laubwaldzone - ablösen.

***Waldgruppe EIK* – basenarme Grundgesteine**

Es ist die *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte) daraus flächenmäßig am weitesten verbreitet und nimmt aktuell 9.710 ha ein, was 0,9 % der steirischen Waldfläche entspricht. In diesem Fall sind es die basenarmen – also sauren – Grundgesteine (Basenklasse „u“ und „e“), welche ein Wachstum der Hainbuche verhindern. Aufgrund der basenarmen Substrate sind die Wuchsleistungen der Waldbestände in der *Waldgruppe EIK* limitiert, es handelt sich folglich zumeist um geringwüchsige Waldbestände.

***Waldgruppe EIm* – karbonatische Standorte mit Wasserhaushaltsstufe „trocken“ und „mäßig trocken“**

Die *Waldgruppe EIm* (Eichenwald-Standorte [sub]mediterran [Flaum-Eiche]) ist flächenmäßig mit rund 1.077 ha (entspricht 0,1 % der steirischen Waldfläche) aktuell kaum verbreitet und wird durch karbonatische Standorte mit der Wasserhaushaltsstufe „trocken“ und „mäßig trocken“ charakterisiert. Hainbuche kann diese trockenen Standorte nicht besiedeln. Aktuell finden sich auf diesen Standorten Bestände mit unterschiedlichen Baumartenmischungen, als am besten geeignet können Flaum-Eiche, Schwarz-Kiefer, Trauben-Eiche, Feld-Ahorn, Spitz-Ahorn, Berg-Ahorn, Mehlbeere, Elsbeere, Speierling, Berg-Ulme, Walnuss, die Lindenarten und Feld-Ulme hervorgehoben werden. Von den Ahornarten ist der Feld-Ahorn am besten geeignet. Darüber hinaus ist die Artenvielfalt der zumeist mit hohen Deckungsgraden ausgebildeten Strauchschicht zu erwähnen: Gelb-Hartriegel, Liguster, Filz-Schneeball, Warzen-Spindelstrauch, Rot-Hartriegel, Berberitze, Weißdorn-Arten, Felsenkirsche, Filz-Steinmispel, Gewöhnlich-Steinmispel, Kreuzdorn und Schlehdorn.

Die Wuchsleistungen sind zumeist als äußerst gering zu beschreiben, und zwar aufgrund der geringen Wasserversorgung auf den Standorten und aufgrund der Basenklasse „c“ (carbonatische Standorte, feinerdearme Karbonatgesteine), zum Teil auch der Basenklasse „g“ (basengesättigte Standorte, feinerdereiche Karbonatgesteine).

***Waldgruppe EIs* – basenreiche und mäßig basenhaltige Silikatstandorte mit Wasserhaushaltsstufe „trocken“ und „mäßig trocken“**

Die *Waldgruppe EIs* (Eichenwald-Standorte subkontinental [Zerr-Eiche]) weist mit 978 ha (0,09 % der steirischen Waldfläche) eine geringe Verbreitung auf. Sie wird durch die Wasserhaushaltsstufen „trocken“ und „mäßig trocken“ auf basenreichen (Basenklasse „r“) und mäßig basenhaltigen (Basenklasse „m“) Silikatstandorten charakterisiert. Die trockenen Bedingungen sind dafür verantwortlich, dass Hainbuche auf diesen Standorten kaum mehr gedeihen kann. Die geringe Verbreitung der *Waldgruppe EIs* liegt daran, dass in der Steiermark aktuell nur relativ wenige Standorte mit den genannten Wasserhaushaltsstufen auftreten.

Aufgrund der Trockenheit und Sommerwärme sind die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIs* am besten durch Zerr-Eiche, Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Flaum-Eiche, Feld-Ahorn, Edelkastanie, Elsbeere, Speierling, Spitz-Ahorn, Berg-Ahorn und Esche zu bestocken. Auch die heute zumeist fehlende Schwarz-Kiefer weist Standortstauglichkeit auf. Das Limit für die Wüchsigkeit der Waldbestände ist in *Waldgruppe EIs* die Wasserversorgung, die Nährstoffversorgung ist mit den Basenklassen „r“ und „m“ als sehr gut zu bezeichnen.

Relief

In der *Waldgruppe EIK* können alle Spielarten des Reliefs ausgebildet sein, wobei Flachstandorte dominieren.

In der *Waldgruppe EIm* treten alle Spielarten des Reliefs auf, Oberhanglagen, Rücken und steile Mittelhanglagen auf sonnseitigen Standorten sind am bedeutsamsten.

In der *Waldgruppe EIs* treten ebenfalls alle Spielarten des Reliefs auf, Mittelhanglagen und Flachstandorte sind am bedeutsamsten.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone der *Waldgruppen EIK, EIm und EIs* ist in Tab. 12.2 für den Zeitraum 1998-2018 dargestellt. Die relativ höhere Mitteltemperatur in *EIs* ist damit zu erklären, dass deren Standorte zumeist in tieferen Lagen situiert sind.

Tabelle 12.2: Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlag in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* für den Zeitraum 1998-2018 (aktuelles Klima).

	EIK	EIm	EIs
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,5 °C	9,7 °C	10,1 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	856 mm	878 mm	825 mm

Der **Jahresniederschlag** in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone der *Waldgruppen EIK, EIm und EIs* variiert entsprechend der Regionen der Steiermark und ist in Tab. 12.2 für den Zeitraum 1998-2018 dargestellt. Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIs* sind demnach in niederschlagsärmeren Regionen situiert, während jene der *Waldgruppen EIK und EIm* in leicht niederschlagsreicheren Regionen liegen. Insgesamt sind die drei Waldgruppen in den niederschlagsärmsten Regionen der Steiermark situiert.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt.

In der *Waldgruppe EIK* sind die Wasserhaushaltsstufen „trocken“ bis „feucht“ ausgebildet, wobei die kombinierte Stufe „mäßig frisch bis frisch“ am weitesten verbreitet ist (Tab. 12.1).

In der *Waldgruppe EIm* sind ausschließlich die Wasserhaushaltsstufen „trocken“ und „mäßig trocken“ ausgebildet, weil diese Waldgruppe über diesen Parameter in Kombination mit carbonatischen bis basengesättigten Standorten (Basenklassen „c“ und „g“) definiert ist (Tab. 12.1).

In der *Waldgruppe EIs* sind ebenfalls ausschließlich die Wasserhaushaltsstufen „trocken“ und „mäßig trocken“ ausgebildet, diese Waldgruppe ist über diesen Parameter in Kombination mit den Basenklassen basenreich bis mäßig basenhaltig (Basenklassen „r“ und „m“) auf besonders warmen und trockenen Standorten der Steiermark definiert (Tab. 12.1). Daher weist die *Waldgruppe EIs* aktuell nur eine sehr geringe Verbreitung auf.

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab.

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIK* sind aufgrund der Basenklassen „u“ und „e“ (basenunterversorgt und extrem basenarm, siehe Tab. 12.1) bezüglich der Nährstoffversorgung als nährstoffarm zu bezeichnen, was sich auch in der zumeist geringen Wüchsigkeit der Bestockung widerspiegelt.

Hingegen sind die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIm* aufgrund der Basenklassen „c“ und „g“ (carbonatisch und basengesättigt, beides Karbonatstandorte) mit Basen gut versorgt, allerdings sind besonders die Standorte mit Basenklasse „c“ oftmals geringwüchsig, was besonders am Mangel einzelner Nährstoffe (wie etwa Kalium) und an der geringen Wasserspeicherkapazität liegt (trocken und mäßig trocken). Es gibt nur eine Waldstandortseinheit, nämlich die zusammengefasste EIm12cg (Tab. 12.1).

Die *Waldgruppe EIs* umfasst ebenfalls nur eine Standortseinheit, nämlich EIs12rm (Tab. 12.1). Diese definiert basenreiche bis basenhaltige Standorte, also solche, welche mit Nährstoffen gut versorgt sind, welche allerdings durch die Wasserversorgung limitiert sind (trocken und mäßig trocken). *Wasserhaushaltsstufe* und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 12.2).

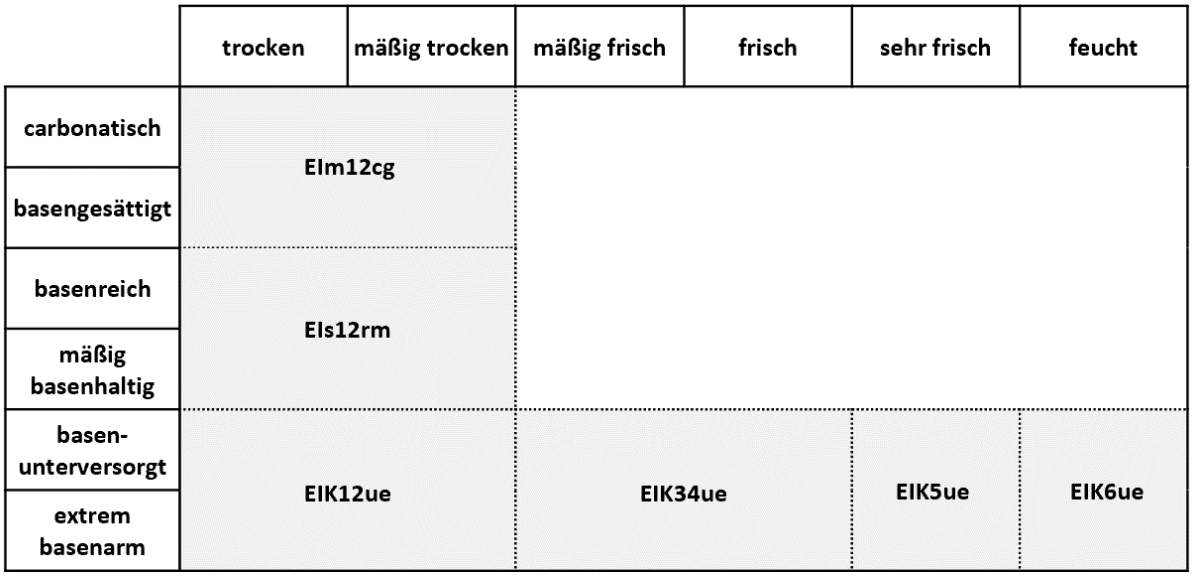


Abbildung 12.2: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIK* – Eichen-Kiefernwälder, *Waldgruppe EIm* – Eichenwald-Standorte (sub)mediterran (Flaum-Eiche) und *Waldgruppe EIs* – Eichenwald-Standorte subkontinental (Zerr-Eiche).

12.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einer annähernd gleichbleibenden mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandel-Szenarien, Tab. 12.3) zu einer Veränderung der Ausdehnung beziehungsweise Verschiebung der Vorkommen der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* in höhere Lagen des Hügellandes und der Gebirge in der Steiermark (Abb. 12.3 bis 12.6). Aufgrund der standörtlichen Spezifika der drei Waldgruppen sind die Veränderungen im Klimawandel differenziert zu betrachten.

Wärme- und Wasserversorgung

Im Bereich der aktuellen Vorkommen der *Waldgruppen EIK, EIm und EIs* ist laut Klimaszenarien ein deutlicher Anstieg der Jahresmitteltemperatur zu erwarten, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 12.3).

Tabelle 12.3: Änderung der Jahresmitteltemperatur/Jahresniederschlagssumme in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs.*

	Waldgruppe	1989 - 2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmitteltemperatur (°C)	EIK	9,5 °C	11,1 °C	12,9 °C
	EIm	9,7 °C	11,3 °C	13,2 °C
	EIs	10,1 °C	11,8 °C	13,6 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	EIK	856 mm	910 mm	872 mm
	EIm	878 mm	939 mm	899 mm
	EIs	825 mm	882 mm	869 mm

Auf den heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIK* werden durch die prognostizierte Erwärmung die Eichenarten (Stiel-Eiche, Trauben-Eiche) an Bedeutung gewinnen, während die Rot-Kiefer aufgrund der erhöhten Temperaturen an Bedeutung verlieren könnte. Es wird aber im Wesentlichen zu keiner Veränderung in eine andere Waldgruppe kommen, vielmehr werden die heutigen Waldstandortseinheiten auch in der Klimazukunft in der *Waldgruppe EIK* verbleiben (Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5). Auf höhergelegenen basenarmen Standorten kann sich die *Waldgruppe EIK* im Klimawandel ausbreiten und damit einen relativen Flächengewinn verzeichnen (z.B. auf Standorten der heutigen *Waldgruppe FTK*).

Die meisten heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIm* werden auch in der Klimazukunft innerhalb dieser Waldgruppe bleiben, darüber hinaus wird die Ausdehnung der *Waldgruppe EIm* flächenmäßig deutlich an Bedeutung gewinnen, und zwar primär auf den karbonatischen Standorten, welche durch EIm12cg definiert sind, aber unter Umständen (RCP 8.5) auch auf basenreichen und basenhaltigen Silikatstandorten (EIm12rm – diese Standortseinheit ist im heutigen Klima noch nicht ausgebildet, könnte aber in der Klimazukunft neu auftreten).

Auf den heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIs* werden bereits aktuell und in der Klimazukunft vor allem die Zerr-Eiche und Flaum-Eiche an Bedeutung gewinnen, was direkt mit der

Standortstauglichkeit der beiden Eichenarten auf trockenen und warmen Standorten in Zusammenhang steht. Die *Waldgruppe EIs* wird aufgrund der Erwärmung auf Teilbereichen eine Veränderung in die *Waldgruppe EIm* (Eichenwald-Standorte [sub]mediterran [Flaum-Eiche]) erfahren (Szenario RCP 8.5). Im Szenario RCP 4.5 kann durch eine Verbesserung der Wasserhaushaltsstufe von „mäßig trocken“ in „mäßig frisch“ sich auch die Hainbuche wieder einstellen, weshalb es zur Veränderung in die *Waldgruppe EH* (Eichen-Hainbuchenwald-Standorte) oder *Waldgruppe EHb* (Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte) kommen könnte. Von der Gegenwart ausgehend sind in jedem Fall die genannten Eichenarten waldbaulich zu fördern, um zukünftig stabile Waldbestände zu erzielen.

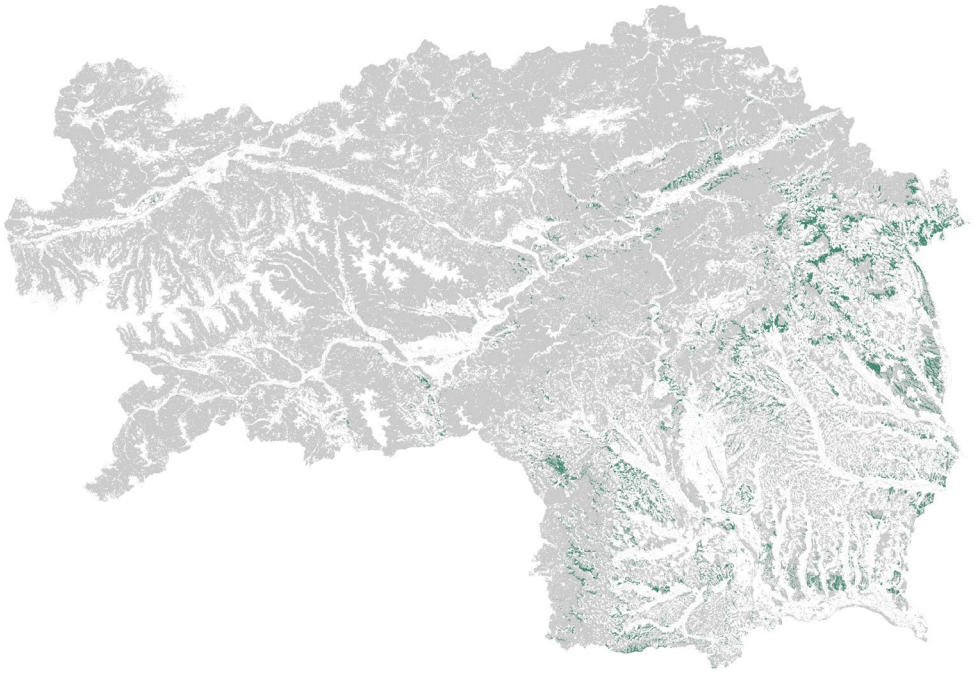


Abbildung 12.3: Verbreitung der *Waldgruppen EIK, EIm und EIs* in der Steiermark im Jahr 2085, Klimaszenario RCP 4.5. Datenquelle: Standortsmodell.

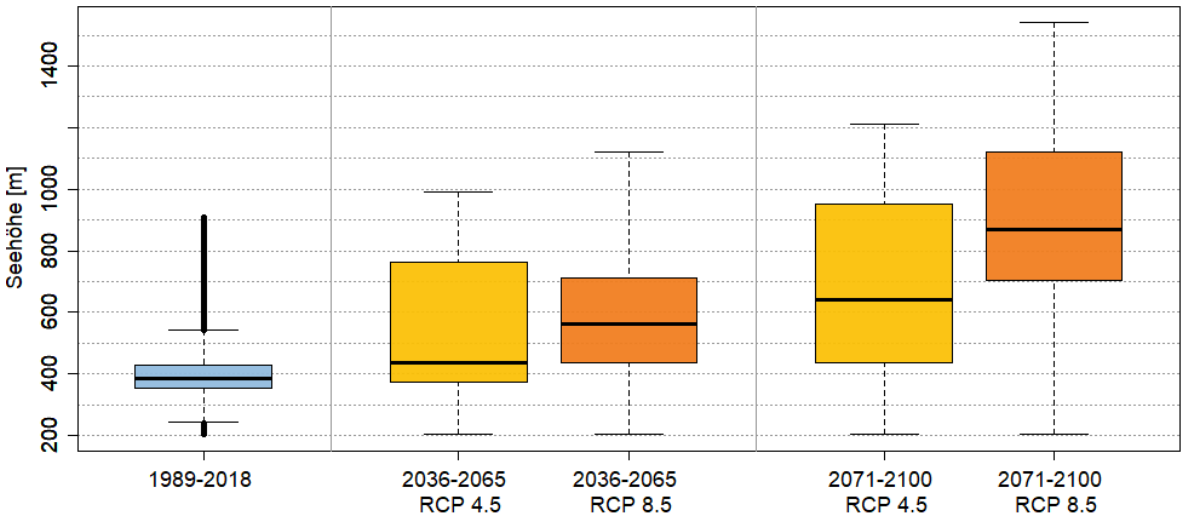


Abbildung 12.4: Höhenverbreitung der *Waldgruppe EIK* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

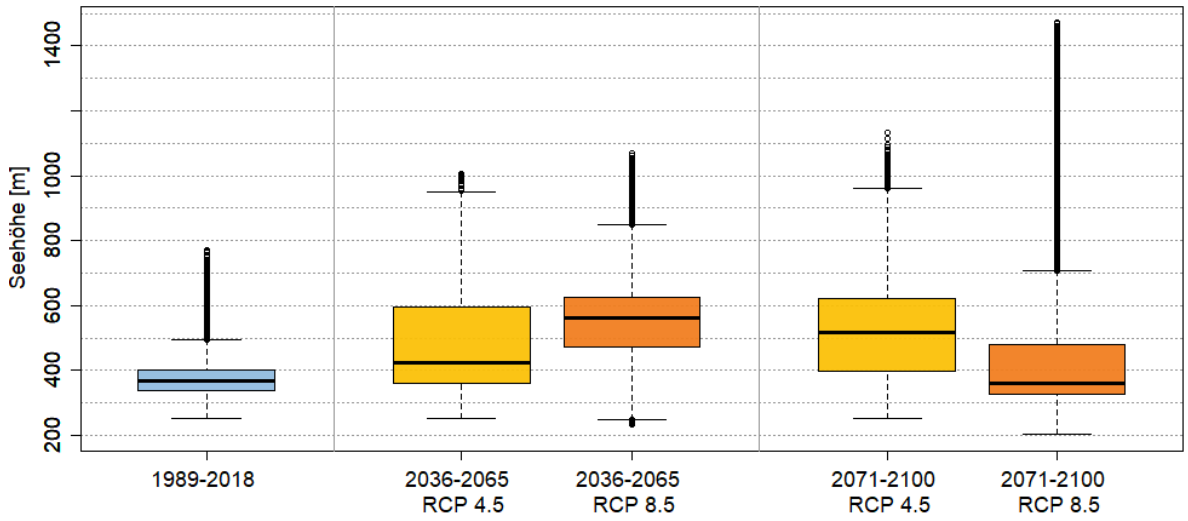


Abbildung 12.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe EIm* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

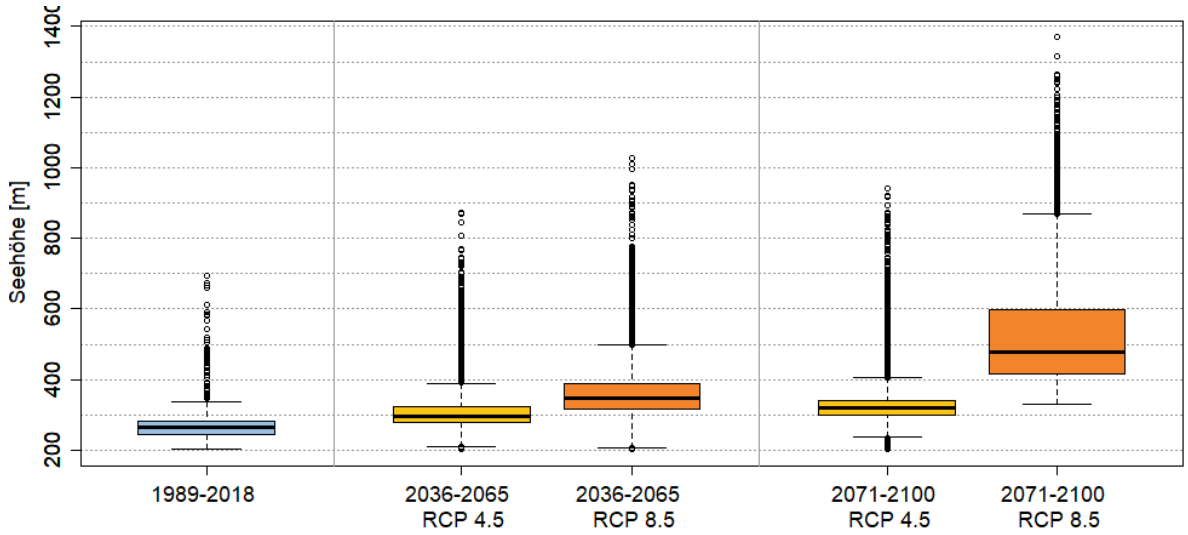


Abbildung 12.6: Höhenverbreitung der *Waldgruppe EIs* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

12.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: EIK: Auf den Standorten EIK12ue und EIK34ue können Zwergsträucher (Heidelbeere) eine erfolgreiche Verjüngung behindern. **EIm:** In dieser Waldgruppe können Sträucher eine erfolgreiche Verjüngung der Baumarten vereiteln. **EIs:** Gräser können in dieser Waldgruppe eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: In der *Waldgruppe EIK* sind alle Standorte von möglicher weiterer Versauerung betroffen, in den *Waldgruppen EIm* und *EIs* hingegen keine. In allen drei Waldgruppen stellt das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983). Großflächige Kahlschläge sollten vermieden werden. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoffauswaschung und besonders in der *Waldgruppe EIK* zur weiteren Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz, Ästen und Feinreisig einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Freiflächen (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt (Moos et al 2016), was die Standorte langfristig beeinträchtigt und ihre Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in diesen Waldgruppen möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden. Möglichst wurzelintensive Baumarten sind zur Bodenstabilisierung zu bevorzugen, wie etwa die Eichenarten, Rot-Kiefer oder Schwarz-Kiefer (Thomasius 1996). Es ist aber hervorzuheben, dass in den drei Waldgruppen steile Hanglagen sehr selten sind.

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (EIm12cg). Dies gilt auch für Freiflächen > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humusmaterial in Folge rasch abgebaut oder mit dem wenigen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschneemengen sind in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone (*Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs*) sehr selten, können aber trotzdem auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische Schneefallereignisse, wodurch Wipfelbruch auftrat. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichtenstangenhölzer in allen drei Waldgruppen, da der schwere Schnee auf dem einschichtigen Kronendach abgelagert wird (z.B. Kalberer 2007). Tannen können dem offensichtlich besser widerstehen, wie die deutlich geringeren Schäden an dieser Baumart nach dem massiven Schnee- und Eisanhang Ereignis 2014 im Süden Österreichs und in Slowenien gezeigt haben. Grundsätzlich zählen die Laubbaumarten und somit die Eichenarten, Ahornarten (u.a.) zu den besonders schneebruchresistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten in den drei Waldgruppen hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann auch Laubbaumkronen erheblich schädigen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäulebildung). Lücken von > 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in den drei Waldgruppen selten auf.

Waldbrand: Grundsätzlich ist in den drei Waldvegetationszonen der drei Waldgruppen erhöhte Achtsamkeit zur Vermeidung von Waldbränden empfohlen. In den *Waldgruppen EIK, EIm und EIs* ist auf den trockenen bis mäßig trockenen Standorten (EIK12ue, EIm12cg und EIs12rm) Waldbrandgefahr generell gegeben, vorallem wenn dort Nadelbaumreinbestände (z.B. Kiefernarten) stocken. Aber auch Laubbaumbestände sind unter derart trockenen Standortsverhältnissen gefährdet. Auf den genannten gefährdeten Waldstandortseinheiten ist während Trockenperioden äußerste Achtsamkeit empfohlen, um etwaige Brandentwicklungen zu vermeiden.

Trockenheit: In großen Bestandeslücken führt direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung. In den genannten Waldgruppen leiden alle Baumarten, besonders auf den trockeneren Waldstandortseinheiten, unter Trockenheit. Obwohl die Eichenarten aufgrund ihrer tiefreichenden Wurzelsysteme an Trockenzeiten angepasst sind, führen sehr lange andauernde Trockenperioden auch für sie zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016). Nur die Standortseinheit EIK6ue ist aufgrund der feuchten Standorte nicht anfällig für Trockenschäden.

Insekten: Die mäßig warme bis milde Laubwaldzone birgt aufgrund ihrer klimatischen Rahmenbedingungen eine erhöhte Gefahr für Borkenkäferkalamitäten. Aktuell sind von **Fichte** dominierte Bestände in der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* (jene sind trotz der Tieflagen vorhanden) durch Borkenkäfer gefährdet (Buchdrucker, Kupferstecher). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden und den damit für eine Borkenkäfermassenvermehrung verbundenen besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoring-Maßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind jedenfalls notwendig und dringend empfohlen.

Die **Eichenarten** werden durch den Eichen-Prozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) immer wieder geschädigt. Darüber hinaus sind auch häufige Gradationen blattfressender Schmetterlingsraupen wie Eichenwickler (*Tortrix viridana*), Frostspanner (*Operophtera brumata*) und Schwammspinner (*Lymantria dispar*) als Gefährdung zu sehen, vor allem für Eiche in der Jungwuchs- bis Dickungsphase. Der Zweifleckige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus*) gilt zwar als Folgeschädling, kann aber als solcher auch bedeutsam werden, insbesondere in Verbindung mit dem Vorkommen bestimmter schädigender Bakterien, deren Wirken in Großbritannien als „Acute Oak Decline“ zusammengefasst wird. Hierzulande als „Akutes Eichensterben“ bezeichnet, wurden die Bakterien inzwischen auch nachgewiesen.

Die **Buche** (*Waldgruppe EIm* und *EIs,* seltener in *EIK*) ist aktuell vor allem durch den zweifärbigen Buchenborkenkäfer, den Buchenprachtkäfer (*Agrilus viridis*) und die Buchen-Wolllaus gefährdet. Für Schäden durch den Buchenprachtkäfer sind insbesondere freigestellte Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden anfällig, die bereits durch Sonnenbrand vorgeschädigt waren (Brück-Dyckhoff et al 2019).

Für **Tanne** (*Waldgruppe EIK*) sind aktuell Gefahren bezüglich Schädlingsbefall vor allem im Hinblick auf die Tannentrieblaus gegeben. Während die Weißtannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) und die Europäische Weißtannentrieblaus (*Mindarus abietinus*) als relativ ungefährlich eingestuft werden können, gelten die bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eingeschleppten Arten, die Einbrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia nordmannianae*) und die Zweibrütige Tannentrieblaus (*Dreyfusia merkeri*), als gefährlich. Dies gilt in besonderem Maße für den Befall von Jungwüchsen und Dickungen (Nierhaus-Wunderland und Forster 1999).

Für **Rot-Kiefer** bestehen aktuell Gefährdungen bezüglich Waldgärtner (*Tomicus* spp.), diverse Borkenkäfer (*Pityogenes bidentatus, Ips acuminatus, Ips sexdentatus*), Rüssler (*Pissodes* spp.) und verschiedener Blattwespen (etwa *Diprion pini*).

Pilzerkrankungen: Die **Eichenarten** sind in der Jungwuchsphase durch die Eichen-Wurzelfäule-Erreger (beispielsweise *Cylindrocarpon destructans*) gefährdet. Die Wurzeln der Eichen können auch durch Pilze der Gattung *Phytophthora* geschädigt werden. Verbreitet ist der blattschädigende Eichen-Mehltau (*Erysiphe alphitoides*), welcher zumeist als Folge von Trockenperioden insbesondere an Johannistrieben zu verfrühter Blattwelke führen kann. Der Eichen-Mehltau befällt die heimischen Eichenarten, verschont aber weitgehend die nordamerikanische Rot-Eiche.

Wurzelfäuleerreger an **Buche** (*Waldgruppe EIK, EIm* und *EIs*) sind Riesenporling (*Meripilus giganteus*) und Hallimasch (*Armillaria mellea*). Buchenkrebs (*Nectria galligena*), Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*) und die Krautfäuleerreger (z.B. die Buchenkeimlingskrankheiten *Phytophtora cactorum* und *Pythium spp.*) können ebenfalls lokal zu einem Problem werden (Ebner und Scherer 2001; Altenkirch et al. 2002).

Bei **Lärche** (alle drei Waldgruppen) können Pilzerreger die Lärchennadelschütte verursachen. Auslöser dafür sind *Meria laricis, Hypodermella laricis, Mycosphaerella laricina* oder *Lophodermium laricinum* (Cech 2004). Es konnte auch schon ein Schlauchpilz (*Sydowia polyspora*) nachgewiesen werden, der ebenfalls zu Nadelvergilbungen und letztlich zum Absterben von Lärchennadeln führt. Lärchen sind durch diese Pilzerreger in der Regel nicht in ihrer Existenz bedroht, Individuen im Jungwuchsstadium können allerdings durch den Befall bedingt absterben. Lärchenkrebs kann in Lagen hoher Luftfeuchte und insbesondere in dichten Beständen mit zu geringer Durchlüftung zur Schwächung oder sogar zum Ausfall der Baumart führen.

Die **Rot-Kiefer** ist vor allem durch *Dothistroma* Nadelbräune und die *Scleroderris* Krankheit (Kieferntriebsterben durch *Gremmeniella abietina*) gefährdet, sowie durch das Kieferntriebsterben im Zuge eines Befalls durch *Diplodia sapinea*. Dieser Schwächeparasit spielt vor allem an **Schwarz-Kiefer** eine wichtige Rolle, ähnlich wie das Triebschwinden durch *Cenangium ferruginosum*. Speziell nach lange andauernden Trockenperioden treten diese Pilzerkrankungen vor allem auf Standorten mit tiefgründigeren Böden auf. Es kann zum Absterben der Schwarz-Kiefer kommen, wenngleich sich viele betroffene Individuen nach niederschlagsreicheren Perioden wieder erholen können.

Beide Kiefernarten können außerdem von Wurzelfäuleerregern betroffen sein, insbesondere Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum s.l.*), Kiefern-Braunporling (*Phaeolus schweinitzii*) und Krause Glucke (*Sparassis crispa*).

Die **Esche** ist in Österreich seit dem Jahr 2005 stark vom Eschen-Triebsterben betroffen, welches in einigen Talschaften der Steiermark nahezu alle Eschen geschädigt oder zum Absterben gebracht hat.

Die Befallsintensität ist in der Steiermark regional sehr unterschiedlich. Vor allem auf den Unterhang-Standorten, wo Esche gemeinsam mit den Ahornarten große Bedeutung hat, ist die vom Falschen Weißen Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöste Pilzerkrankung regional sehr massiv. Eine erfolgreiche Umsetzung forstlicher Vorhaben kann derzeit nicht erwartet werden, womit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung für diese Baumart derzeit nicht möglich ist. Trotzdem ist hervorzuheben, dass vereinzelte vitale Eschen die Auswirkungen der Krankheit auch überwinden werden können und die Baumart somit in waldbauliche Entscheidungen mit einbezogen werden kann.

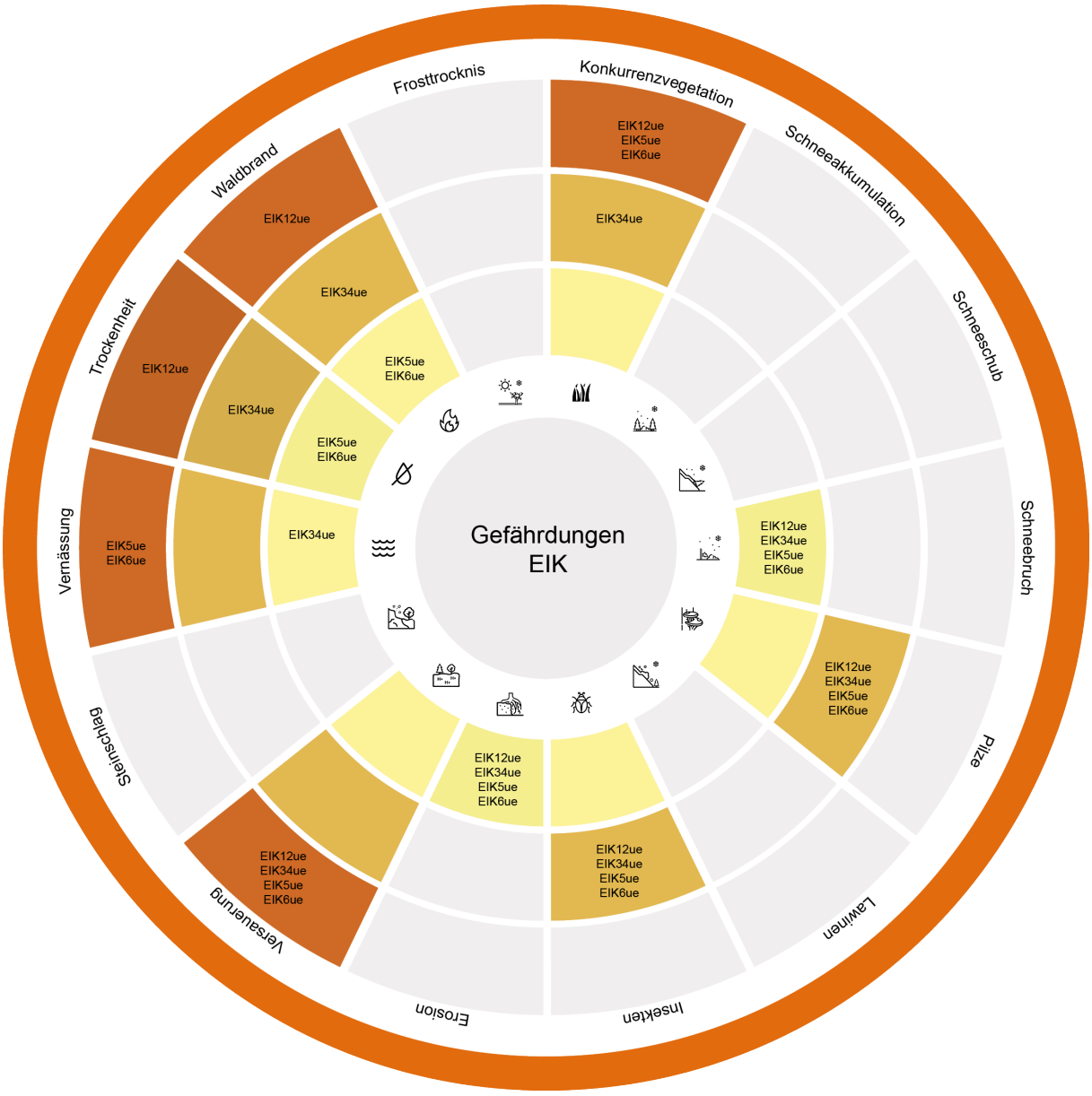


Abbildung 12.7: Limitierende Faktoren für Waldbestände der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe EIK*.

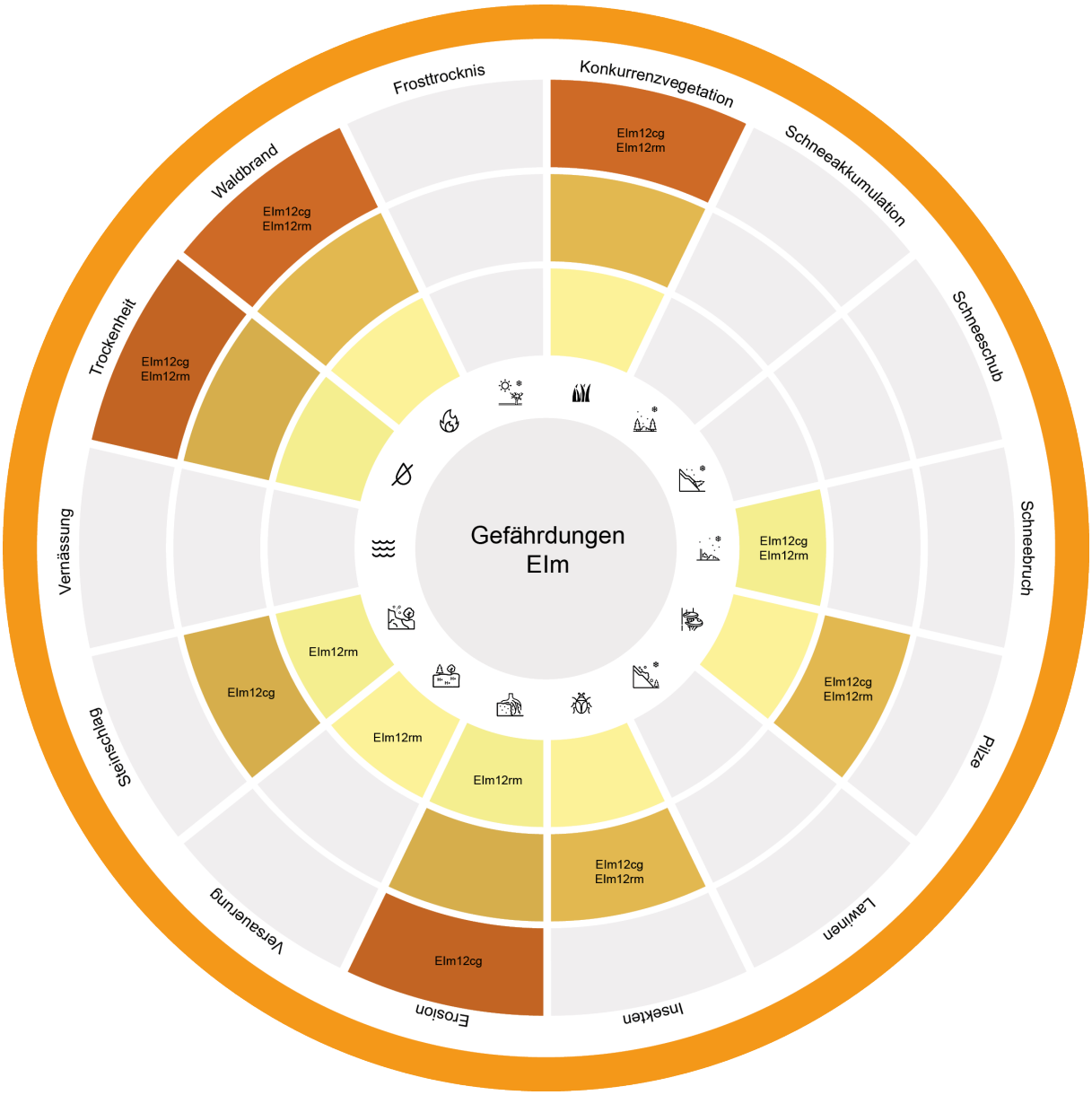


Abbildung 12.8: Limitierende Faktoren für Waldbestände der Waldstandortseinheiten in der *Waldgruppe Elm*. (Die *Waldgruppe Els* ist *EIK* und *Elm* bezüglich der limitierenden Faktoren ähnlich und wird folglich nicht separat dargestellt).

In den Abb. 12.7 und 12.8 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in den *Waldgruppen EIK* und *Elm* bzw. *Els* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

12.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen steigende Risiken für die Waldbestände und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 12.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* in der *mäßig warmen* bis *milden Laubwaldzone* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände (Abb. 12.9) im Klimawandel in spezifischer Form gegeben.

In allen drei Waldgruppen ist das Begründen von Fichtenreinbeständen aufgrund des Klimawandels als höchst riskant einzustufen, weshalb davon abgeraten wird. Als Alternative dazu bieten sich klimafitte Mischungstypen an, welche für die jeweiligen Standortsbedingungen in den drei Waldgruppen definiert werden müssen.

In diesem Kapitel wird den unterschiedlichen Ausgangslagen aufgrund der drei Waldgruppen und den häufig vorkommenden Bestandestypen Rechnung getragen und die empfohlenen waldbaulichen Maßnahmen dahingehend entwickelt.

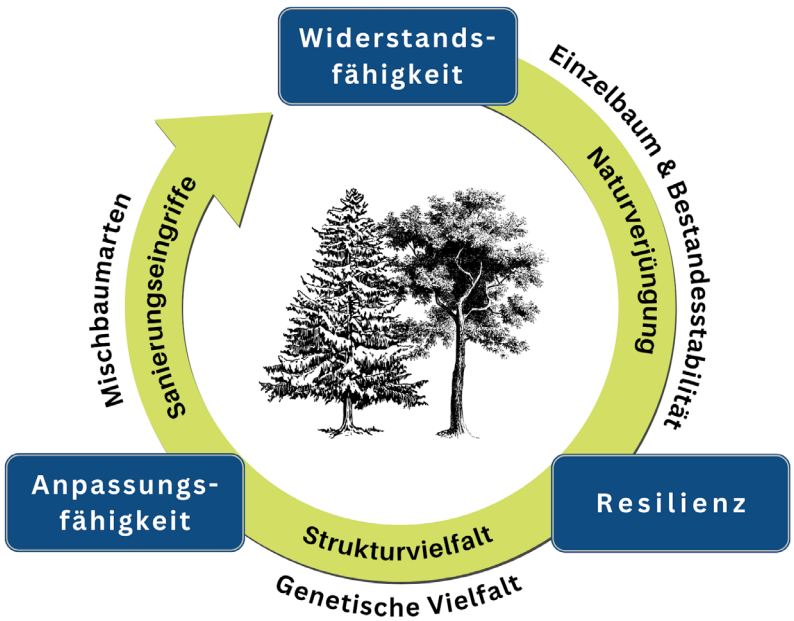


Abbildung 12.9: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

12.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngung oder Kunstverjüngung oder beides in Kombination anzuwenden sind, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Dabei ist die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (Windwurf, Borkenkäferkalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es in den Waldbeständen grundsätzlich von Vorteil, bereits vor der eigentlichen Verjüngungseinleitung auf einem Teil der Fläche (10-20 %) die Naturverjüngung schon zu etablieren, um die Widerstandsfähigkeit und Resilienz der Bestände zu verbessern (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018).

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *Els* von zentraler Bedeutung für die Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die Vielfalt an Baumarten, welche in den drei Waldgruppen gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Eine Reduktion des Risikos flächiger Trockenschäden kann durch Einbringung und Förderung trockenresistenter Mischbaumarten erzielt werden.

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Verbesserung der Einzelbaum- und Gruppenstabilität

<u>Waldgruppe EIK</u>

Für **Stiel-Eichen- Rot-Kiefern- Bestände & Trauben-Eichen- Rot-Kiefern- Bestände** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen empfohlen. Die Stiel-Eiche und die Trauben-Eiche erschließen vor allem tiefgründige Böden hervorragend. Die Förderung der Bestandesstabilität erfolgt durch ihr tiefreichendes Pfahlwurzelsystem, wodurch die Eichenarten als Stabilitätsträger die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen zu erhöhen vermögen. Daher ist das Vorkommen von kräftigen Eichen oder Rot-Kiefern mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität von

Waldbeständen. Die Förderung von stabilen und vitalen Individuen aller vorhandenen Baumarten stärkt das Bestandesgefüge weiter.

Waldgruppe EIm

Für die aktuell nur selten ausgebildeten **Flaum-Eichen- Mischbestände** ist die Förderung von stabilen Flaum-Eichen, Feld-Ahornen und anderen Laubbaumarten (H/D < 0,8) für die Verbesserung der Bestandesstabilität wichtig. Das Vorkommen und Etablieren von stabilen Schwarz-Kiefern- Individuen (Tiefwurzler), speziell auf den Standorten mit Basenklasse „c" (skelettreiche Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen), wird im Klimawandel von steigender Bedeutung sein. Aktuelle Flaum-Eichenbestände sollten vorrangig im Sinne der Lebensraum-Funktion und aus Naturschutzinteressen einer naturnahen Entwicklung überlassen werden.

Waldgruppe EIs

Die in der Waldgruppe heute stabilen **Eichen- Rot-Kiefern- Bestände** sind zur Verbesserung ihrer Stabilität im Hinblick auf die H/D-Werte (< 0,8) der einzelnen Baumarten zu behandeln. Grundsätzlich bieten die Eichenarten (Zerr-Eiche, Stiel-Eiche und Trauben-Eiche) und die Rot-Kiefer die größte Stabilität auf den trockenen bis mäßig trockenen Standorten der Waldgruppe. Aktuell sind bereits Zerr-Eiche und Flaum-Eiche in die Bestockung zu integrieren, um die Anpassungsfähigkeit der Waldbestände zu verbessern, eventuell vorhandene Naturverjüngung der beiden ist zu fördern.

Waldgruppen EIK, EIm und EIs

In vorhandenen **Fichten-Lärchen-Beständen** ist auf eine hohe Einzelbaum-Stabilität im Sinne eines optimalen H/D-Wertes < 0,8 zu achten. Die Lärche zeigt mehr Stabilität gegenüber Wind und sollte in ihrer Wuchskraft gefördert werden, was durch Vorwüchsigkeit in Relation zu Fichte und Gruppenmischung erzielt werden kann. Lärche ist nur dann stabil, wenn sie große Kronen entwickeln kann und in trupp- bis gruppenweiser Mischung aufwächst. Kurz- bis mittelfristig sind **Fichten-Lärchen-Bestände** in allen drei Waldgruppen in klimafitte Mischungstypen überzuführen.

In älteren einschichtigen **Fichtenreinbeständen** mit geringer Einzelbaumstabilität (H/D - Werte > 0,8) wird für alle drei Waldgruppen empfohlen, instabile Bestandesteile vorzeitig zu nutzen. In jüngeren Fichtenreinbeständen kann durch eine mäßige und wiederholte Auslesedurchforstung die Einzelbaumstabilität erhöht werden und die Umtriebszeit verkürzt werden. Kurz- bis mittelfristig ist in diesen Beständen in allen drei Waldgruppen die Überführung oder Umwandlung in klimafitte Mischungstypen dringend notwendig.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Die **Eichenarten** (alle drei *Waldgruppen*) können zumeist nicht vor Befall durch diverse Pilze bewahrt werden. Wesentlich ist im Kontext die Vermehrung der Eichenarten mittels Saat, um die Entwicklung der Pfahlwurzelsysteme zu ermöglichen, was deren Resilienz während Trockenperioden verbessert. Darüber hinaus ist die Sicherstellung von ausreichend Licht für alle Eichenarten und während aller Bestandesentwicklungsphasen zentral für ihre Widerstandsfähigkeit gegen Pilzerkrankungen.

Sollten die **Eichenarten** mit Eichen-Prozessionsspinner befallen sein, sind unbedingt Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen. Menschen sollten aufgrund der gegebenen Gesundheitsgefährdung Abstand halten. Weitere Maßnahmen sind mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Borkenkäfervermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* besonders stark betroffen. In den Waldvegetationszonen mäßig warme bis milde Laubwaldzone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten eines etwaigen Borkenkäferbefalls zu legen. Grund dafür sind die regional noch verbreiteten Fichtenbestände in Kombination mit den warmen Jahresmitteltemperaturen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Laubwaldbestände sind die beste Strategie, um der Borkenkäfergefährdung zu begegnen.

Bei **Lärche** traten in den letzten Jahren vereinzelt Pilzerkrankungen und verbreitet Spätfrostschäden auf (z.B. Frühling 2019 in der Steiermark), welche oft ein schütteres Erscheinungsbild dieser Baumart verursachen können. Durch waldbauliche Maßnahmen können allerdings weder die Pilzerkrankungen noch Spätfrostschäden an Lärche vermieden werden. Bei Lärchen sind auch Schäden durch Lärchenbock (*Tetropium gabrieli*) und Kronenverlichtungen durch die Lärchenknospengallmücke (*Dasineura laricis*) dokumentiert. Rechtzeitiges Entfernen der von Bockkäfer befallenen Lärchen kann den Populationsdruck verringern.

Die **Buche** (*Waldgruppe EIm* und *EIs,* seltener in *EIK*) kann vor Schäden durch den Buchenprachtkäfer durch das Vermeiden von plötzlichen Freistellungen und der daraus verminderten Anfälligkeit der Bäume in Trocken- oder Hitzeperioden, bewahrt werden. Darüber hinaus wird dadurch auch die Entwicklung von „Buchensonnenbrand“ vermieden.

Für **Tanne** (*Waldgruppe EIK*) ist den Gefahren bezüglich eines Schädlingsbefalls mit der Tannentrieblaus durch das Vermeiden einer plötzlichen Freistellung von Tannen-Jungwuchs/Dickungen zu begegnen. Die Schattbaumart Tanne ist am besten unter Schirm zu verjüngen. Unterbau von Tanne zur Vorverjüngung in fichtendominierten Beständen wäre ein probates Mittel hin zur Erhöhung der Resilienz dieser Bestände.

Für **Rot-Kiefer** (alle drei *Waldgruppen*) wird empfohlen, allgemein Dichtstand und Wunden zu vermeiden, sowie stark befallene Baumindividuen zu entnehmen. Grundsätzlich sind Bestandeseingriffe in Kälteperioden (bei Minusgraden) weniger gefährlich in Bezug auf die Ausbreitung von Pilzsporen, das gilt allerdings auch für alle anderen Baumarten.

Genetische Vielfalt erhalten

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Kunstverjüngung muss den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen oder bei Saat genau auf das passende Saat- und Pflanzgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar.

Die **Eichenarten** sind in allen drei Waldgruppen konkurrenzstark und können sich bei ausreichend Lichtgenuss erfolgreich verjüngen. Lichtgenuss ist die zentrale Frage für die verstärkte Etablierung der Eichenarten in allen drei Waldgruppen, welche im Klimawandel von zentraler Bedeutung ist.

Die **Buche** ist in den *Waldgruppen EIK, EIm und EIs* nur zum Teil verbreitet (nicht auf trockenen Standorten und nicht auf extrem basenarmen Standorten) und kann sich, wenn sie in der Baumschicht vorhanden ist, in der Naturverjüngung etablieren. Besonders basenreiche Substrate fördern die Buchennaturverjüngung. Aber auch saure Substrate (basenunterversorgte Standorte der *Waldgruppe EIK*) können von Buche erfolgreich besiedelt werden. Grundbedingung für eine erfolgreiche Buchenverjüngung sind waldökologisch tragfähige Wildstände. Grundsätzlich hat Buche in den drei Waldgruppen eine eher geringe Bedeutung.

Tanne ist auf den frischeren Standorten der *Waldgruppen EIK* konkurrenzstark und kann sich erfolgreich verjüngen, wenn sie im Altbestand vorhanden ist und der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Die Ausbreitung von Tannensamen durch Vögel kann bei Vorhandensein von Samenbäumen einen relativ großen Raum durch Naturverjüngung abdecken.

Lärche kann sich auf allen Standorten der drei *Waldgruppen* mittels Naturverjüngung etablieren, auf Rohböden (Erosionsflächen, Straßenböschungen) keimt sie besonders erfolgreich. Lärchenverjüngung etabliert sich immer wieder qualitativ und quantitativ stark. In *Waldgruppe EIK* auf Standortseinheit EIK6ue ist Lärche aufgrund der feuchten Böden nicht tauglich.

Die **Rot-Kiefer** kann sich auf den Standorten der *Waldgruppen EIK* mittels Naturverjüngung etablieren, so der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist.

Die **Schwarz-Kiefer** wird auf den skelettreichen Standorten der *Waldgruppe EIm* vor allem künstlich einzubringen sein, sich mittelfristig aber auch mittels Naturverjüngung etablieren können.

Die Mischbaumarten der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* können sich im Rahmen ihres standörtlichen Vorkommens in der Regel mittels Naturverjüngung etablieren. Edelkastanie, Vogelbeere, Birke und Zitter-Pappel in *Waldgruppe EIK* – auf den Standorten mit Basenklasse „u“ auch Buche, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn und Esche. In *Waldgruppe EIm* sind es vor allem Feld-Ahorn, Mehlbeere, Elsbeere, Buche, Speierling, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Esche, Walnuss und die diversen Straucharten. In *Waldgruppe EIs* sind es Feld-Ahorn, Edelkastanie, Elsbeere, Speierling, Spitz-Ahorn, Berg-Ahorn und Esche.

In allen drei Waldgruppen werden die Eichenarten an Bedeutung gewinnen, einige Arten werden neu einwandern beziehungsweise können forstlich eingebracht werden. Dazu sind vor allem die Zerr-Eiche (*Waldgruppe EIs*), auf vielen Standorten die Flaum-Eiche und regional auch die Balkan-Eiche (= Ungarische Eiche – *Quercus frainetto*) zu nennen. Die heimischen Eichenarten sind regional bereits in der Naturverjüngung vorhanden und haben im Falle von waldökologisch tragfähigen Wildständen auch Entwicklungspotenzial. Die Vermeidung von Wildverbiss und Samenfraß (diese sind ein Verjüngungshemmnis für die erfolgreiche Entwicklung aller Eichenarten) wird zur zentralen Aufgabe im Klimawandel werden.

Bei der künstlichen Einbringung von Mischbaumarten sind diese wirksam gegen Wildverbiss zu schützen, weil ansonsten diese Baumarten bei den derzeitigen Schalenwildbeständen nicht erfolgreich etabliert werden können. Grundsätzlich ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen aber als Voraussetzung für die Anpassung der steirischen Wälder an den Klimawandel zu sehen.

12.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen gegeben. Besonders die reinen Nadelbaumbestände werden in der Klimazukunft in allen drei Waldgruppen unter den veränderten Rahmenbedingungen einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein. Auf die Überführung oder Umwandlung von Fichtenreinbeständen ist in allen drei Waldgruppen Augenmerk zu legen. Im folgenden Kapitel werden unter der Rubrik „Klimafitte Mischungstypen" waldbauliche Strategien für die *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* beschrieben, wobei die unterschiedlichen Rahmenbedingungen bezüglich Ausgangslage herausgearbeitet werden. Zur Erleichterung der Verständlichkeit werden alle klimafitten Mischungstypen basierend auf der jeweiligen Waldgruppe definiert und entwickelt.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* müssen dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden Baumarten in den aktuellen Beständen auch in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren (Laubwaldbestände), während für die reinen Fichtenbestände die Umwandlung oder Überführung in Laubwaldbestände notwendig werden wird. Die Laubbaumarten verbessern die Bestandesstabilität und Resilienz insgesamt (Valinger and Fridman 2011; Jactel et al. 2017), außerdem kann es besonders auf ärmeren Standorten zu einer verbesserten Wuchsleistung kommen (Pretzsch et al. 2010). Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben. Einen zusammenfassenden Überblick gibt Tabelle 12.4.

Die Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* ist jedenfalls in der digitalen Standortskarte für die betroffene Lokalität zu prüfen. Durch die unterschiedlichen Entwicklungspfade der Waldstandortseinheiten in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085 können sich die simulierten Veränderungen auch unterscheiden. Basierend auf diesen möglichen erwartbaren Veränderungen können die am besten geeigneten Mischungstypen ausgewählt werden (Tab. 12.4). Wesentlich ist dabei, zu beachten, dass die Baumarten aller definierten klimafitten Mischungstypen bereits heute und auch in der Klimazukunft Standortstauglichkeit aufweisen. Das ist die Grundlage für die waldbauliche Umsetzung der Empfehlungen in der Gegenwart.

Waldgruppe EIK

StEi - Ta - RKi - SEr (für EIK6ue)

Auf dem feuchten Standort der *Waldgruppe EIK* (EIK6ue) ist Stiel-Eiche die einzige der Eichenarten, welche mit den Standortsbedingungen zurechtkommen kann und daher von zentraler Bedeutung. Gemeinsam mit Tanne, Rot-Kiefer und Schwarz-Erle kann eine verbesserte Anpassungsfähigkeit im Klimawandel erbracht werden. Stiel-Eiche und Tanne bringen Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und Nassschnee und erschließen die Nährstoffvorräte in tiefliegenden Bodenschichten. Rot-Kiefer bereichert mit Schwarz-Erle das Spektrum der Baumarten in dieser Waldgruppe und erhöht somit die Resilienz.

StEi - RKi - Bi (speziell für EIK34ue)

Die Standortseinheit EIK34ue ist in der Waldgruppe am weitesten verbreitet und bezeichnet unter anderem staunasse Standorte mit „Pseudogley-Bodenbildungen“ (auch prüfen, ob nicht Sonderwald-Standortsmodell Kategorie „P“ vorliegt). Um diese Standorte stabil bestocken zu können, ist wiederum Stiel-Eiche gemeinsam mit Rot-Kiefer und Birke am besten geeignet.

TrEi - RKi - Bi (speziell für EIK12ue)

Auf diesem trockenen bis mäßig trockenen Standort der Waldgruppe ist die Mischung von Trauben-Eiche, Rot-Kiefer und Birke geeignet, eine stabile Bestockung zu erbringen. Die limitierte Wasserversorgung gemeinsam mit den basenarmen Substraten lassen nur geringe Wuchsleistungen zu.

Waldgruppe EIm

FlEi - FAh - Els - WiLi (oder SoLi) (vor allem lehmreiche Böden, also Kalk-Braunlehme)

Die Flaum-Eiche kann die lehmreichen Böden von EIm12cg stabil bestocken und behält im Klimawandel ihre hohe Baumarteneignung. Gemeinsam mit Feld-Ahorn, Elsbeere und Winter-Linde lassen sich auch forstlich interessante Waldbestände begründen (Holzeigenschaften der vier Baumarten). Dabei ist in Folge darauf zu achten, dass sich Naturverjüngung der Baumarten in Anbetracht der Konkurrenz der zahlreichen Straucharten auch einstellen und entwickeln kann.

SKi – Mb – FlEi (vor allem lehmarme Böden, also Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen)

Um die lehmarmen (feinerdearmen) Standorte von EIm12cg auch im Klimawandel stabil bestocken zu können, ist die Kultur von Schwarz-Kiefer notwendig. Sie kann die trockenen und mäßig trockenen Standorte mit hohem Skelettanteil nachhaltig stabil aufschließen. Die zu erwartenden Wuchsleistungen sind zwar gering, trotzdem wird keine andere Baumart bessere erzielen. Gemeinsam mit Mehlbeere und Flaum-Eiche kann die Schwarz-Kiefer diese Standorte stabil bewalden.

Waldgruppe EIs

ZeEi - Eka - FAh

Auf den basenreichen Standorten der *Waldgruppe EIs* ist die Mischung von Zerr-Eiche, Edelkastanie und Feld-Ahorn als klimafit hervorzuheben. Bereits heute kann Zerr-Eiche in der Waldgruppe forstlich eingebracht werden und wird im Klimawandel für ausreichende Bestandesstabilität sorgen. Edelkastanie kann gemeinsam mit der Zerr-Eiche in der Oberschicht etabliert werden, während Feld-Ahorn die Mittelschicht der Waldbestände bilden kann.

ZeEi - FlEi - WiLi

Eine weitere Möglichkeit eines klimafitten Mischungstypen in der *Waldgruppe EIs* ist mit Zerr-Eiche, Flaum-Eiche und Winter-Linde gegeben. Die beiden Eichenarten können für die Oberschicht entwickelt werden, während Winter-Linde die Mittelschicht der Bestände bilden kann. Die Integration von Flaum-Eiche trägt der Veränderung laut Klimaszenarien von *Waldgruppe EIs* in die *Waldgruppe EIm* Rechnung.

Tabelle 12.4: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung sowie unterschiedlicher zukünftiger Waldgruppen.

Heutige Waldgruppe	**Spezifikation**	**prognostizierte Standortsbedingungen im Jahr 2085**	**Klimafitter Mischungstyp***
EIK	EIK6ue	EIK	StEi-Ta-Rki-SEr
	EIK34ue	EIK	StEi-Rki-Bi
	EIK12ue	EIK	TrEi-RKi-Bi
EIm	Lehmreiche Böden, Kalkbraunlehme	EIm	FlEi-FAh-Els-WiLi
	Skelettreiche Böden, Rendzinen und Kalklehm-Rendzinen	EIm	Ski-FlEi-Mb
EIs	EIs12rm	EIm	ZeEi-Eka-FAh
			ZeEi-FlEi-WiLi

*sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

12.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände und Nadelbaumbestände in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* in der Klimazukunft eine geringere Baumarteneignung als die passenden Laubbaumbestände oder Mischbestände. Abhängig von Waldgruppe und aktuellem Waldbestand sind diese Bestände daher rasch in passende klimafitte Mischungstypen überzuführen oder umzuwandeln (siehe Tab. 12.4).

12.4.4 Waldbauliche Optionen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit

Nachfolgend sind waldbauliche Optionen zur Erzielung einer verbesserten Anpassungsfähigkeit von ausgewählten Waldbeständen der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* dargestellt. Welche Standortsbedingungen für diese Optionen jeweils unterstellt wurden, ist in der betreffenden Tab. 12.4 referenziert. Es wurden unterschiedliche Ausgangslagen für den zu behandelnden Waldbestand ausgeführt, darüber hinaus wurden für alle diese Optionen die Bestandesentwicklungsphasen Jungwuchs, Dickung, Stangenholz und Baumholz differenziert. Dabei wurden jeweils zwei Waldbaukonzepte für den schlagweisen Hochwald verfolgt und die Maßnahmen in Abhängigkeit von der im Bestand aktuell vorhandenen Wuchsklasse dargestellt. Zusätzlich wurde auch eine Alternative mit Dauerwald-Charakter beschrieben.

In Tab. 12.5 wurde als Ausgangslage jeweils ein einschichtiger Fichten- Rot-Kiefern- Bestand (50 % Fichte, 50 % Rot-Kiefer) im Jungwuchs-, Dickungs-, Stangenholz- und Baumholz-Stadium unterstellt. Die dargestellten Konzepte lassen sich auf spezifischen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe EIK* anwenden. Die erste Option (tauglich für EIK6ue) bezieht sich auf feuchte Standorte der *Waldgruppe* und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Stiel-Eiche, Tanne, Rot-Kiefer und Schwarz-Erle, welche mittels Schirmschlag umgesetzt wird. Die zweite Option bezieht sich auf die Standortseinheit EIK34ue der *Waldgruppe* und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Stiel-Eiche, Rot-Kiefer und Birke (der Bodentyp Pseudogley ist hier weit verbreitet, daher die Empfehlung für Stiel-Eiche). Auch hier wird als Verjüngungsverfahren der Schirmschlag empfohlen. Als weitere Option wird die Entwicklung eines Dauerwald-Systems mit Rot-Kiefer, Tanne und Stiel-Eiche dargelegt (Tab. 12.5).

In Tab. 12.6 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in einschichtigen Feld-Ahorn- Winter-Linden- Beständen (60 % Feld-Ahorn, 40 % Winter-Linde) der *Waldgruppe EIm* in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse präsentiert. Die erste Option bezieht sich auf lehmreiche Standorte der *Waldgruppe EIm* (Bodentyp Kalkbraunlehm) und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Flaum-Eiche, Feld-Ahorn, Elsbeere und Sommer-Linde und wird mit dem Verjüngungsverfahren Lochhieb erzielt. Die zweite Option bezieht sich auf skelettreiche Standorte der *Waldgruppe EIm* (Bodentypen Rendzina und Kalklehm-Rendzina) und umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Schwarz-Kiefer, Flaum-Eiche und Mehlbeere. Das empfohlene Verjüngungsverfahren ist wiederum der Lochhieb.

In Tab. 12.7 werden Anpassungsoptionen zur Erreichung zweier klimafitter Mischungstypen in einschichtigen Rot-Kiefern- Birken- Beständen (60 % Rot-Kiefer, 40 % Birke) der *Waldgruppe EIs* in Abhängigkeit von der aktuellen Wuchsklasse präsentiert. Die erste Option umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Zerr-Eiche, Edelkastanie und Feld-Ahorn, die zweite Option umfasst als Bestockungsziel die Mischung von Zerr-Eiche, Flaum-Eiche und Winter-Linde, beide Optionen zur Bestandesumwandlung werden mittels Kleinkahlhieben umgesetzt.

Tabelle 12.5: *Waldgruppe EIK* - Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Fi-RKi-Beständen in die klimafitten Mischungstypen Stiel-Eiche- Tanne- Rot-Kiefer- Schwarz-Erle und Stiel-Eiche- Rot-Kiefer- Birke.

EIK – Anpassungsoptionen für Fichten- Rot-Kiefern- Bestände	
Überführung in **StEi-Ta-RKi-SEr**-Bestände durch **Schirmschlag**	Überführung in **StEi-RKi-Bi**-Bestände durch **Schirmschlag**
Stabile Rot-Kiefern werden in den Beständen belassen – Stiel-Eiche, Tanne und Schwarz-Erle werden unter Schirm gesät oder gepflanzt. **Ziel**: Stiel-Eiche 50 %, Tanne 20 %; Rot-Kiefer 20 %, Schwarz-Erle 10 %, U = 100-120 Jahre	Stabile Rot-Kiefern werden in den Beständen belassen – Stiel-Eiche und Birke werden unter Schirm gesät oder gepflanzt. **Ziel**: Stiel-Eiche 60 %, Rot-Kiefer 30 %, Birke 10 % U = 100-120 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von StEi (Saat), Ta und SEr (Pflanzung) in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken im Jungwuchs, Entnahme von Fi, Förderung vitaler RKi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung im Sinne des Bestockungsziels.	Ergänzung von StEi (Saat) und Bi in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken im Jungwuchs, Entnahme von Fi, Förderung vitaler RKi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung im Sinne des Bestockungsziels.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten und vitaler RKi, Entfernung von Fi; Ergänzungspflanzung von Ta und SEr in Gruppen; Saat von StEi nach Bodenbearbeitung entsprechend den Zielvorgaben in Lücken.	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, zugunsten einzelner vorhandener Mischbaumarten und vitaler RKi; Entfernung von Fi, Ergänzungspflanzung von Bi; Saat nach Bodenbearbeitung von StEi entsprechend Zielvorgaben in vorhandenen oder neu geschaffenen Lücken.
Stangenholz	
Entfernung kranker/instabiler Fi und RKi, Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen; Entnahme besonders schlanker Fi und RKi).	Entfernung kranker/instabiler Fi und RKi, Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen und Entnahme von besonders schlanken Fi und RKi).
Baumholz	
Nutzung von hiebsreifem Fi-RKi-Baumholz durch Schirmschlag, Entnahme aller Fi, für ausreichenden Lichtgenuss von StEi. Belassen von stabilen RKi als Samenbäume; flächige Bodenbearbeitung und Saat von StEi, Etablierung von Ta und SEr unter Schirm erst 3-5 Jahre später, Räumung des Bestandesschirms von RKi nach erfolgreich etablierter StEi-Verjüngung, Ausformung von Gruppen in der Naturverjüngung.	Nutzung von hiebsreifem Fi-RKi-Baumholz durch kräftigen Schirmschlag, Entnahme aller Fi, für ausreichenden Lichtgenuss von StEi. Belassen von stabilen RKi als Samenbäume; flächige Bodenbearbeitung und Saat von StEi, Integration der Naturverjüngung von RKi, Räumung des Bestandesschirms von RKi nach erfolgreich etablierter StEi-Verjüngung; Pflanzung von Bi nach Räumung, Ausformung von Gruppen in der Naturverjüngung.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen Fi-RKi-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit StEi, Ta und RKi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. Fi sollten bei der Nutzung priorisiert entnommen werden; Ta kann sich bei Einzelstammentnahmen unter Schirm verjüngen; StEi und RKi werden mittels Lochhieben etabliert werden müssen (Dauerwald-System für Lichtbaumarten), **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 12.6: *Waldgruppe EIm* - Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen Feld-Ahorn- Winter-Linden- Beständen in die klimafitten Mischungstypen Flaum-Eiche- Feld-Ahorn- Elsbeere oder Schwarz-Kiefer-Flaum-Eiche- Mehlbeere.

EIm – Anpassungsoptionen für Feld-Ahorn- Winter-Linden- Bestände	
Überführung in **FlEi-FAh-Els**-Bestände durch **Lochhiebe**	Überführung in **SKi-FlEi-Mb**-Bestände durch **Lochhiebe**
Stabile Feld-Ahorn und Winter-Linden-Individuen werden in den Beständen belassen, Flaum-Eiche und Elsbeere werden auf Lochhiebsflächen gepflanzt. **Ziel**: Flaum-Eiche 50 %, Feld-Ahorn 20 %, Elsbeere 20 %, Winter-Linde 10 %; U = 100-120 Jahre	Etablierung von Schwarz-Kiefer, Flaum-Eiche und Mehlbeere auf den Lochhiebsflächen mittels Pflanzung und Saat. **Ziel**: Schwarz-Kiefer 70 %, Flaum-Eiche 20 %, Mehlbeere 10 %; U = 100-120 Jahre
Jungwuchs	
Ergänzung von FlEi und Els in vorhandenen oder zu schaffenden Lücken, Entnahme von weniger vitalen FAh und WiLi, Förderung von vitalen FAh und SoLi aus Naturverjüngung oder ehemaliger Pflanzung, Mischungsregulierung zugunsten von FlEi, FAh, Els und WiLi laut Bestockungsziel.	Pflanzung von SKi und Mb, Pflanzung von FlEi-Nestern entsprechend des Bestockungszieles auf der Jungwuchsfläche, auf bestehenden Lücken oder durch Entnahme von FAh und WiLi. Mischungsregulierung entsprechend des Bestockungsziels.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler FAh und WiLi; Ergänzungspflanzung von FlEi und Els entsprechend den Zielvorgaben nach Entfernung von wenig vitalen WiLi und FAh in der Dickung oder in vorhandenen Lücken.	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche: Auf etwaigen Lücken FlEi-Nester pflanzen, SKi und Mb in Gruppen ergänzen. FAh und WiLi in der Dickung in Gruppen herauspflegen.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen FAh und WiLi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken FAh und WiLi).	Entfernung von kranken oder instabilen FAh und SoLi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern die Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken FAh und WiLi).
Baumholz	
Lochhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: In hiebsreifen Baumhölzern werden FAh und WiLi mittels Lochhieben (1-1,5 Baumlängen Durchmesser) genutzt, auf den entstandenen Freiflächen kann sich FAh und WiLi Naturverjüngung einstellen; Plätzeweise Bodenbearbeitung und Saat von FlEi auf einzelnen Teilflächen, Pflanzung von Els gemäß Bestockungsziel.	Lochhiebe in hiebsreifen Baumhölzern anlegen: In hiebsreifen Baumhölzern werden FAh und SoLi mittels Lochhieben (1,5-2 Baumlängen Durchmesser) genutzt, auf den entstandenen Freiflächen erfolgt Pflanzung von SKi und Mb und Saat von FlEi nach plätzeweiser Bodenbearbeitung. Saat von FlEi möglichst zeitlich vorziehen.
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen FAh-WiLi-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit FlEi, FAh, Els und WiLi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. FlEi wird weiterhin durch Lochhiebe (1-2 Baumlängen Durchmesser) verjüngt werden müssen (Dauerwald-System zur Integration von Lichtbaumarten). Fehlende Mischbaumarten sind durch Pflanzung einzubringen oder über Naturverjüngung durch benachbarte Samenbäume zu etablieren. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

Tabelle 12.7: *Waldgruppe EIs* - Anpassungsoptionen zur Überführung von einschichtigen RKi-Bi-Beständen in die klimafitten Mischungstypen Zerr-Eiche- Edelkastanie- Feld-Ahorn oder Zerr-Eiche- Flaum-Eiche- Winter-Linde.

EIs – Anpassungsoptionen für Rot-Kiefern- Birken- Bestände	
Überführung in **ZeEi-Eka-FAh**-Bestände durch **Kleinkahlhieb**	Überführung in **ZeEi-FlEi-WiLi**-Bestände durch **Kleinkahlhieb**
Bestandesumwandlung, Rot-Kiefer und Birke werden entfernt, auf den Freiflächen werden Zerr-Eiche, Edelkastanie und Feld-Ahorn gesät oder gepflanzt. **Ziel**: Zerr-Eiche 40 %, Edelkastanie 40 %, Feld-Ahorn 20 %, U = 100-150 Jahre	Bestandesumwandlung, Rot-Kiefer und Birke werden entfernt, auf den Freiflächen dafür Zerr-Eiche, Flaum-Eiche und Winter-Linde gesät oder gepflanzt. **Ziel**: Zerr-Eiche 40 %, Flaum-Eiche 40 %, Winter-Linde 20 %; U = 100-150 Jahre
Jungwuchs	
Teilweise Entfernung von RKi und Bi, auf der entstandenen Freifläche werden nach Bodenbearbeitung ZeEi gesät, 3-4 Jahre später Pflanzung von Eka und FAh.	Teilweise Entfernung von RKi und Bi, auf der entstandenen Freifläche werden nach Bodenbearbeitung ZeEi und FlEi gesät, 3-4 Jahre später Pflanzung von WiLi.
Dickung	
Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler RKi und Bi; Ergänzungspflanzung von Eka und FAh, Nesterpflanzung von ZeEi entsprechend Zielvorgaben nach Entfernung wenig vitaler RKi und Bi in der Dickung oder in vorhandenen Lücken.	Mischungsregulierung auf der Dickungsfläche, zugunsten vorhandener Mischbaumarten und vitaler RKi und Bi; Ergänzungspflanzung von WiLi, Nesterpflanzung von ZeEi und FlEi entsprechend Zielvorgaben nach Entfernung wenig vitaler RKi und Bi in vorhandenen Lücken.
Stangenholz	
Entfernung von kranken oder instabilen Rki und Bi und Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl von besonders stabilen Individuen und Entnahme von besonders schlanken RKi und Bi).	Entfernung von kranken/instabilen Rki und Bi; Stabilitätsförderung: Auslesedurchforstungen verbessern Bestandesstabilität (Z-Baum-Auswahl besonders stabiler Individuen und Entnahme von besonders schlanken RKi und Bi).
Baumholz	
Nutzung von hiebsreifem RKi-Bi-Baumholz durch Kleinkahlhiebe (0,5 ha), Etablierung von FAh und Eka am Rand (Pflanzung) und von ZeEi im Zentrum mittels Bodenbearbeitung und Saat, jene ist zeitlich vorziehen (3-4 Jahre).	Nutzung von hiebsreifem RKi-Bi-Baumholz durch Kleinkahlhiebe (0,5 ha), Etablierung von WiLi am Rand (Pflanzung) und im Zentrum flächige Bodenbearbeitung und Saat von ZeEi und FlEi mit einem zeitlichen Vorsprung (3-4 Jahre).
Dauerwald-Konzept	
Entwicklung eines Dauerwaldes mit langfristigem Zeithorizont: Die ursprünglich einschichtigen FAh-SoLi-Bestände können sukzessive in ein Dauerwald-System mit ZeEi, FAh, Els und SoLi überführt werden. Die Bestände müssen dabei ausreichend vitale Individuen (lange Krone, geringe H/D-Werte) in unterschiedlichen BHD-Klassen aufweisen. Durch Einzelstammentnahmen können Individuen in der Ober- und Unterschicht gefördert werden. ZeEi wird weiterhin durch Lochhiebe (1-2 Baumlängen Durchmesser) verjüngt werden müssen (Dauerwald-System zur Integration von Lichtbaumarten). Fehlende Mischbaumarten sind durch Pflanzung einzubringen oder über Naturverjüngung durch benachbarte Samenbäume zu etablieren. **Zeitraum > 100 Jahre.**	

12.5 Waldbau im Schutzwald

In den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* sind in der Steiermark regional Schutzwaldanteile gegeben, aufgrund der vorherrschenden Landschaftsformen (Flachhänge, Ebenen, moderat geneigte Hanglagen) sind jene jedoch flächenmäßig eher wenig bedeutend. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Leistungsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* ist wesentlich für deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Laubbaumarten und Nadelbaumarten gemeinsam vorhanden sind. Etwa gegenüber Sturm sind Mischbestände aus Laubbaumarten und Nadelbaumarten deutlich beständiger (Schmidt et al. 2005). Als besonders bedeutsame Baumarten für eine effiziente Schutzwirkung sind für die *Waldgruppe EIK* Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Tanne und Rot-Kiefer anzuführen. Für die *Waldgruppe EIm* sind es Flaum-Eiche, Feld-Ahorn, Schwarz-Kiefer und Mehlbeere. Für die *Waldgruppe EIs* sind Zerr-Eiche, Flaum-Eiche, Feld-Ahorn, Elsbeere, Stiel-Eiche und Trauben-Eiche hervorzuheben. Es ist zu beachten, die durch den Klimawandel bedingte mögliche Einwanderung von neuen Eichenarten (Zerr-Eiche, Flaum-Eiche, zum Teil auch Balkan-Eiche) in die Waldbestände der heutigen *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* auch im Schutzwald durch geeignete waldbauliche Maßnahmen zu fördern.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil (Thomasius 1996; Frehner et al. 2005). Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in den *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* effizient umsetzbar, wenn die verfügbare Baumartenvielfalt genutzt wird. Bereits 1831 hat Zötl erkannt, dass die „Ungleichheit an Alter und Größe“ Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist. Auf möglichst langkronige, abholzige Waldränder ist ebenfalls zu achten (auch Frehner et al. 2005; Frehner 2001).

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler & Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor.

Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991).

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist das Vorkommen von Stabilitätsträgern der jeweiligen und bereits genannten Baumarten von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Je nach Waldgruppe sind das Eichenarten, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Feld-Ahorn oder die Lindenarten. Darüber hinaus bedeutsame Stabilitätsträger sind alle weiteren vitalen und stabilen Baumarten der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs*.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* möglichst geschlossen und strukturreich zu halten. Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden. Tiefwurzelnde Baumarten (Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Flaum-Eiche, Zerr-Eiche, Schwarz-Kiefer) können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden. Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration der Erosion entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während einige Baumarten nach Verletzungen anfällig für Fäule sind, sind die Eichenarten, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer und Feld-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch weitere Laubbaumarten der *Waldgruppen EIK, EIm* und *EIs* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (Mehlbeere, Lindenarten). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner et al. 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe, liegende Stämme, etc. rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit es nur zum Bremsen und nicht dazu kommt, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus abgelagerte Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und ihre räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es also besser darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern (Buche) und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn, Mehlbeere) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

13. LI, KI, Fm

LI – Lindenmischwald-Standorte
KI – Kiefernwald-Standorte
Fm – Fichtenwald-Standorte montan
in der sehr milden Laubwaldzone bis sehr kühlen Nadelwaldzone

Tabelle 13.1: Übersicht zu den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen LI* (Lindenwald-Standorte), *KI* (Kiefernwald-Standorte) *und Fm* (Fichtenwald-Standorte montan).

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt	Verbreitung
LI				**137 ha / 0,01 %**
LI34c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	mäßig frisch bis frisch	137 ha / 100 %
KI				**15 ha / 0,001 %**
KI1c	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	trocken	15 ha / 99,2 %
KI12e	extrem basenarm	saure Silikatgesteine	trocken bis mäßig trocken	0,1 ha / 0,8 %
Fm				**19 ha / 0,002 %**
Fm2cg	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig trocken	19 ha / 99,97 %
Fm2rm	basenreich und basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken	0,1 ha / 0,01 %

Charakteristika

Verbreitung Alle nachfolgend genannten Waldgruppen, welche als gemeinsames Merkmal ein äußerst kleinflächiges Auftreten haben, kommen in verschiedenen Waldvegetationszonen der Steiermark vor.

Die ***Waldgruppe LI*** (Lindenmischwald-Standorte) kommt auf rund 137 ha (0,01 % der Waldfläche) vor und ist durch carbonatische und skelettreiche Standorte charakterisiert, deren Wasserhaushaltsstufe „mäßig frisch“ bis „frisch“ ist. Die Standortsbedingungen begünstigen die Entwicklung von Linde (Sommer- und Winter-Linde).

Die ***Waldgruppe KI*** (Kiefernwald-Standorte) kommt auf rund 15 ha (0,001 % der Waldfläche) vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufen „trocken“ und „mäßig trocken“ gekennzeichnet. Sie umfasst sowohl carbonatische Standorte als auch extrem basenarme Silikatstandorte. Das sind Standorte, welche aufgrund der Trockenheit nur mehr von Kiefer besiedelt werden können.

Die ***Waldgruppe Fm*** (Fichtenwald-Standorte montan) kommt auf rund 19 ha (0,002 % der Waldfläche) vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ gekennzeichnet. Die Waldgruppe umfasst

alle Basenklassen. Die Standorte sind so trocken und skelettreich, dass sich dort nur die montanen Fichtenwälder etablieren können.

Baumartenspektrum

LI: Winter-Linde, Sommer-Linde, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Berg-Ahorn, Mehlbeere, Elsbeere, Speierling, Esche, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Vogelbeere

KI: Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Mehlbeere, Birke

Fm: Fichte, Birke, Berg-Ahorn, Vogelbeere

Gastbaumarten

Für diese Waldstandortseinheiten werden keine Gastbaumarten empfohlen.

13.1 Standorte heute

Verbreitung und Besonderheiten

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* kommen in der Steiermark auf verschiedensten Standorten vor. Gemeinsam ist ihnen nur die geringe Flächenausdehnung, wodurch diese Waldgruppen auch nicht auf der üblichen Übersichtskarte darstellbar sind. Alle Waldgruppen weisen spezifische standörtliche Charakteristika auf.

***Waldgruppe LI* – carbonatische, skelettreiche Standorte – 137 ha**
Waldvegetationszone: sehr milde bis milde Laubwaldzone
Die *Waldgruppe LI* (Lindenmischwald-Standorte) ist charakterisiert durch carbonatische, skelettreiche Standorte mit den Wasserhaushaltsstufen „mäßig frisch“ und „frisch“. Die skelettreichen Standorte begünstigen die Entwicklung der Lindenarten.

Das Baumartenspektrum ist relativ groß, es können folgende Arten gedeihen: *Winter-Linde, Sommer-Linde, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Berg-Ahorn, Mehlbeere, Elsbeere, Speierling, Esche, Berg-Ulme, Feld-Ulme, Vogelbeere.*

***Waldgruppe KI* – Standorte mit Wasserhaushaltsstufe „trocken“ und „mäßig trocken“ – 15 ha**
Waldvegetationszone: mäßig milde bis kühle Mischwaldzone
Die *Waldgruppe KI* (Kiefernwald-Standorte) ist charakterisiert durch trockene und mäßig trockene Standorte. Die Substrate sind zum einen carbonatische Standorte (Basenklasse „c“), zum anderen extrem basenarme Standorte (Basenklasse „e“). Auf diesen extremen Standorten gedeihen die Kiefernarten am besten.

Das Baumartenspektrum ist gering, es können folgende Arten gedeihen: *Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Mehlbeere, Birke.*

***Waldgruppe Fm* – Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ – 19 ha**
Waldvegetationszone: kühle Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Die *Waldgruppe Fm* (montane Fichtenwald-Standorte) ist charakterisiert durch mäßig trockene Standorte und umfasst alle definierten Basenklassen. Allerdings wurden im Standortsmodell für Basenklasse „ue“ keine Standorte klassifiziert.

Das Baumartenspektrum ist gering, es können folgende Arten gedeihen: *Fichte, Birke, Berg-Ahorn, Vogelbeere.*

Relief

In der *Waldgruppe LI* können alle Spielarten des Reliefs ausgebildet sein, wobei Mittelhanglagen und Oberhanglagen dominieren.

In der *Waldgruppe KI* treten hingegen vor allem Oberhang- und Rückenstandorte, seltener auch Mittelhang-Standorte auf, was mit den Wasserhaushaltsstufen „trocken“ und „mäßig trocken“ in Verbindung steht. Jene ist auf Unterhängen nur sehr selten ausgebildet.

In der *Waldgruppe Fm* treten vor allem Oberhanglagen, Mittelhanglagen und Unterhanglagen auf, was mit dem Prozess der Ausbildung der Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ in Verbindung steht.

Wärme- und Wasserversorgung

Die **Jahresmitteltemperatur** für die *Waldgruppen LI, Fm und KI* ist in Tab. 13.2 für den Zeitraum 1998-2018 dargestellt. Die relativ höhere Mitteltemperatur in *LI* ist damit zu erklären, dass ihre Standorte in tieferen Lagen situiert sind. Die geringste Mitteltemperatur weist *Fm* auf, wegen ihrer Lage in der mäßig kalten bis sehr kalten Nadelwaldzone.

Tabelle 13.2: Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlagssumme in den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* für den Zeitraum 1998-2018 (aktuelles Klima).

	LI	KI	Fm
Jahresmitteltemperatur (°C)	9,7 °C	6,5 °C	4,7 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	927 mm	1095 mm	1436 mm

Der **Jahresniederschlag** im Bereich der *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* variiert entsprechend der Regionen der Steiermark und ist in Tab. 13.2 für den Zeitraum 1998-2018 dargestellt. Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LI* sind in niederschlagsärmeren Regionen situiert, während jene der *Waldgruppe Fm* in den niederschlagsreicheren Regionen der Steiermark liegen. Das erklärt auch die Tendenz zur Ausbildung der mit den Waldgruppen verbundenen Wasserhaushaltsstufen.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt.

In der *Waldgruppe LI* sind die Wasserhaushaltsstufen „mäßig frisch“ bis „frisch“ ausgebildet (Abb. 13.1). In der *Waldgruppe KI* wiederum sind ausschließlich die Wasserhaushaltsstufe „trocken“ und „mäßig trocken“ ausgebildet, diese Waldgruppe ist wiederum über diesen Parameter definiert (Abb. 13.2). In der *Waldgruppe Fm* ist ausschließlich die Wasserhaushaltsstufe „mäßig trocken“ ausgebildet, weil diese Waldgruppe über diesen Parameter definiert ist (Abb. 13.3).

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab.

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LI* sind aufgrund der alleinigen Dominanz der Basenklasse „c“ (carbonatisch, feinerdearme Karbonatgesteine – siehe Abb. 13.1) bezüglich der Nährstoffversorgung als nährstoffarm zu bezeichnen, was sich auch in der zumeist geringen Wüchsigkeit der von Linden und anderen Laubbaumarten dominierten Bestockung widerspiegelt.

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe KI* umspannen alle deutlich nährstoffarmen Basenklassen, also zum einen Basenklasse „c“ (carbonatische Standorte, feinerdearme Karbonatgesteine) und zum anderen die Basenklasse „e“ (extrem basenarme Silikatgesteine). Die Nährstoffarmut und Trockenheit erklären gemeinsam die hohe Konkurrenzfähigkeit der Rot-Kiefer, auf Basenklasse „c“ auch jene der Schwarz-Kiefer (Abb. 13.2).

Hingegen sind die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe Fm* sowohl sehr nährstoffreich (Basenklassen „r“ und „m“ – basenreiche und basenversorgte Silikatgesteine), als auch nährstoffarm (Basenklassen „c“ und „g“ – carbonatische und basengesättigte Standorte und Basenklassen „u“ und „e“ – basenunterversorgte und extrem basenarme Silikatgesteine) (Abb. 13.3).

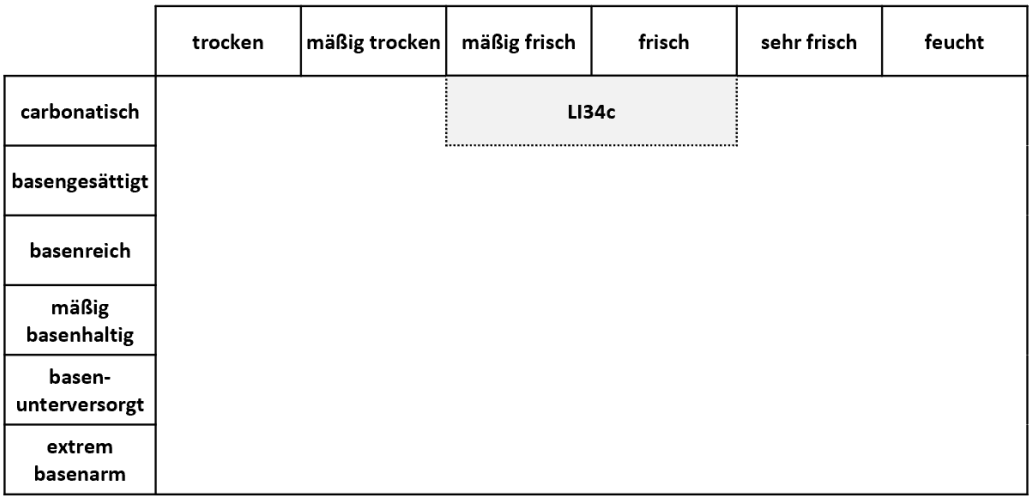


Abbildung 13.1: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheit der *Waldgruppe LI.*

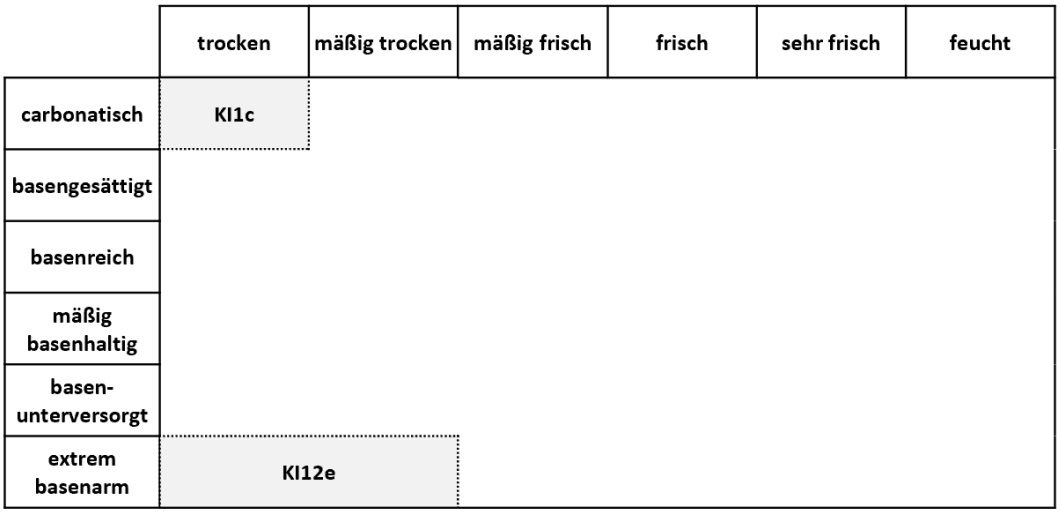


Abbildung 13.2: Schematisches Ökogramm, standörtliche Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe KI*.

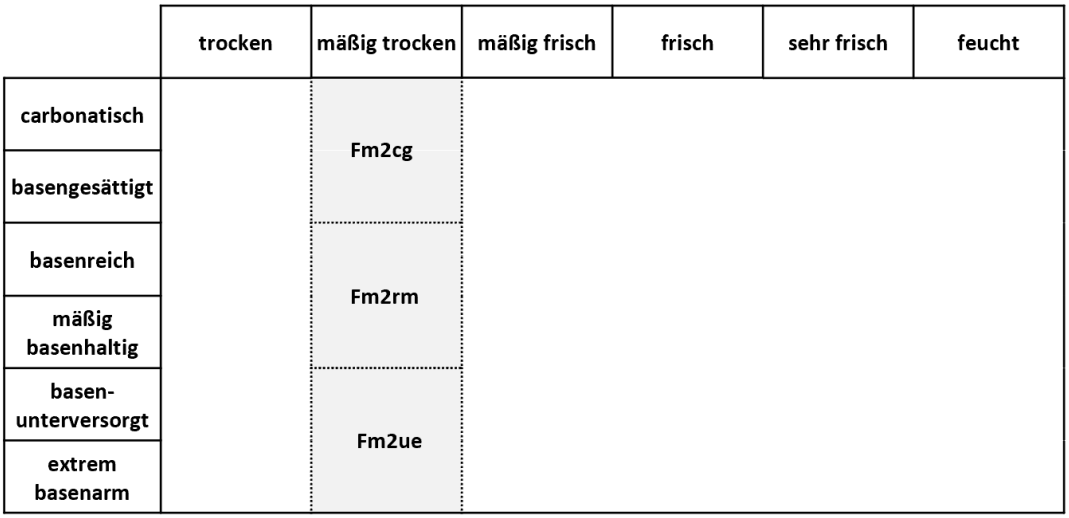


Abbildung 13.3: Schematisches Ökogramm, standörtliche Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe Fm*.

13.2 Standorte im Klimawandel

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einer annähernd gleichbleibenden mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den unterstellten Klimawandel-Szenarien) zu einer Verschiebung der Lokalität der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* in höhere Lagen der Hügellandschaften und Gebirge in der Steiermark, bzw. zu einer Ausbreitung der Standorte (*KI*) (Abb. 13.4 bis 13.6). Aufgrund der standörtlichen Spezifika der einzelnen Waldgruppen sind die Veränderungen im Klimawandel differenziert zu betrachten.

Auf den heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LI* werden durch die prognostizierte Erwärmung die meisten Laubbaumarten ihre Tauglichkeit bewahren können (zumeist bleiben die Standorte im Klimawandel in der *Waldgruppe LI*), auf einzelnen Standorten kommt es zur Veränderung in die *Waldgruppe EIm* (Eichenwald-Standorte, [sub]mediterran [Flaum-Eiche]), weshalb auf diesen Flächen besonders die Flaum-Eiche an Bedeutung gewinnen wird.

Auf den heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe KI* wird sich in der Klimazukunft in einigen Standortsbereichen die Wasserhaushaltsstufe von „trocken“ auf besser versorgte Stufen verändern, weshalb laut beiden Szenarien auch andere Baumarten wie Buche oder Eichenarten Standortstauglichkeit erlangen können. Aktuell ist aber ein solcher Trend nicht umsetzbar, weshalb auf den heutigen Trockenstandorten weiterhin ausschließlich mit den Kiefernarten gearbeitet werden muss. Auf allen Standorten der *Waldgruppe KI* kann mit Rot-Kiefer gearbeitet werden, auf den Standorten mit Basenklasse „c“ ist die Schwarz-Kiefer eine wesentliche Baumart zur Verbesserung der Resilienz.

Die meisten heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe Fm* werden sich in der Klimazukunft in andere Waldgruppen verändern (zukünftige Beteiligung von Buche und Tanne am Baumartenspektrum), in der Gegenwart sind diese Veränderungen noch nicht umsetzbar, weshalb das enge Baumartenspektrum für die *Waldgruppe Fm* weiterhin bestehen bleibt.

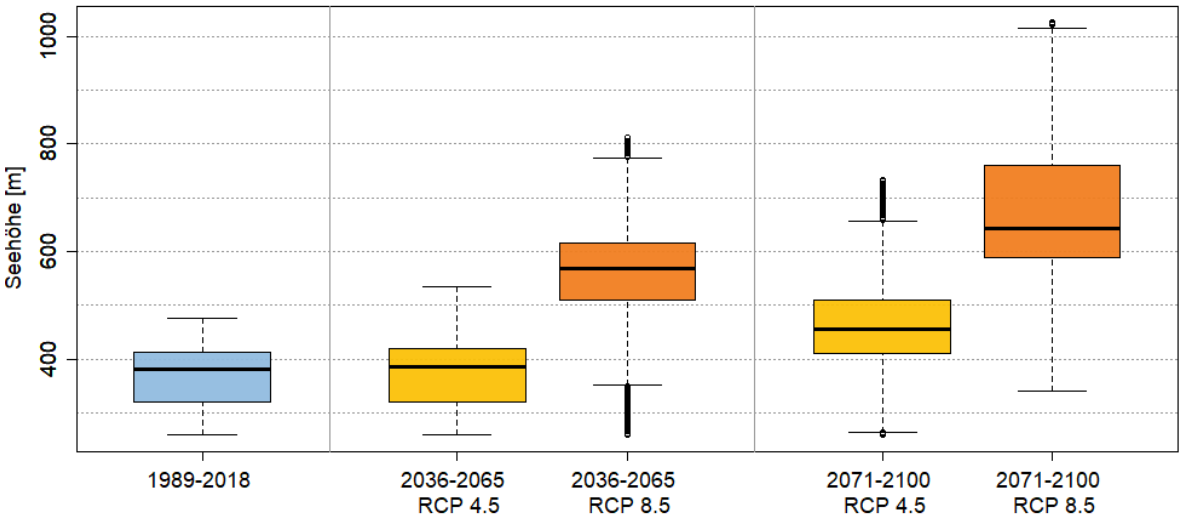


Abbildung 13.4: Höhenverbreitung der *Waldgruppe LI* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

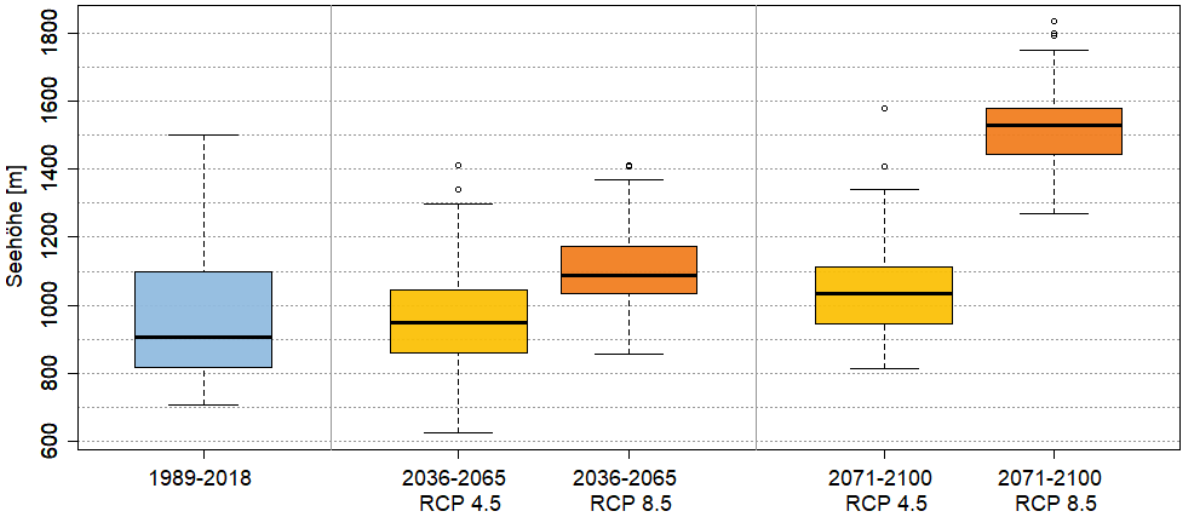


Abbildung 13.5: Höhenverbreitung der *Waldgruppe KI* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

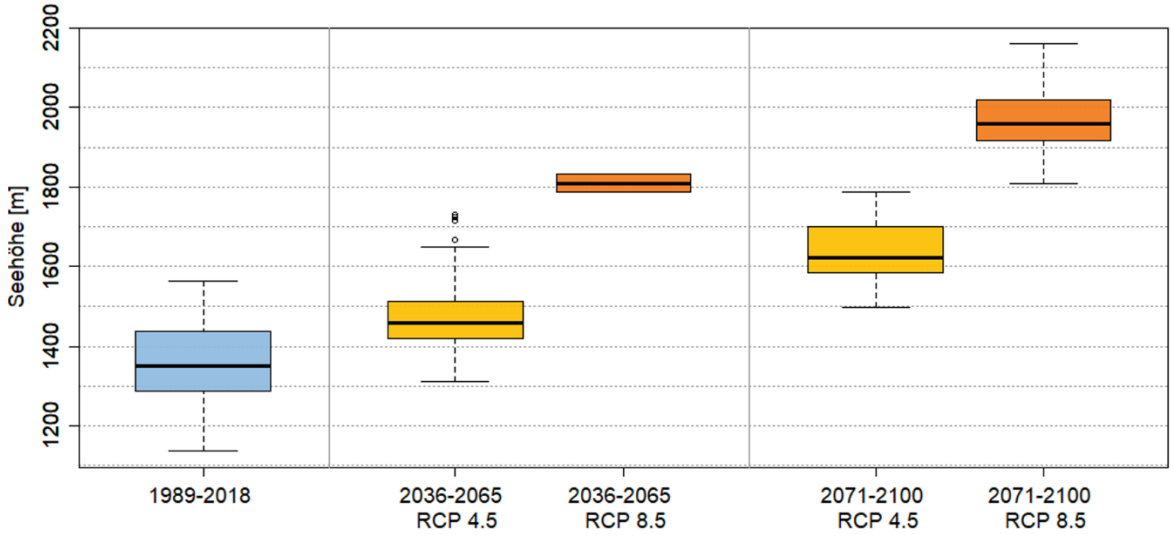


Abbildung 13.6: Höhenverbreitung der *Waldgruppe Fm* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Wärme- und Wasserversorgung

In den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* ist laut beiden Klimaszenarien ein deutlicher Anstieg der Jahresmitteltemperatur zu erwarten, während sich die Jahresniederschlagsmenge nicht wesentlich verändern wird (Tab. 13.3).

Tabelle 13.3: Änderung der Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlagssumme in den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm.*

	Waldgruppe	1989 - 2018	2085 (RCP 4.5)	2085 (RCP 8.5)
Jahresmitteltemperatur (°C)	LI	9,7 °C	11,3 °C	13,2 °C
	KI	6,5 °C	8,5 °C	9,9 °C
	Fm	4,7 °C	6,7 °C	8,1 °C
Jahresniederschlagssumme (mm)	LI	927 mm	1.000 mm	954 mm
	KI	1.095 mm	1.167 mm	1.127 mm
	Fm	1.436 mm	1.527 mm	1.484 mm

13.3 Limitierende Faktoren und Risiken

Konkurrenzvegetation: Auf den Standorten LI34c können Gräser eine erfolgreiche Verjüngung behindern. Auch auf allen trockenen und mäßig trockenen Standorten der *Waldgruppe KI* können Vergrasung oder Zwergsträucher (z.B. Erika) eine erfolgreiche Verjüngung behindern.

Versauerung: In der *Waldgruppe Fm* sind nur die Standorte Fm2ue von möglicher weiterer Versauerung betroffen, deshalb stellt dort das Belassen von Feinästen und eventuell auch von Rinde einen wesentlichen Faktor für die Erhaltung der Standortsgüte dar (Krapfenbauer 1983). Die weiteren drei Waldgruppen weisen keine Tendenz zur Versauerung auf. Aber für alle vier Waldgruppen gilt, dass großflächige Kahlschläge vermieden werden sollten. Diese Nutzungsformen führen zu einer Nährstoff-Auswaschung und zur weiteren Versauerung des Bodens, wodurch die Produktivität der Standorte zurückgeht. So es nicht im Widerspruch zu phytosanitären Notwendigkeiten steht, kann das Belassen von Totholz, speziell von Ästen und Zweigen, einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung und Verbesserung der Pufferkapazität des Bodens gegenüber Versauerung darstellen (Scherzinger 1996).

Erosion: In den steilen Lagen der *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* (Hangneigung > 70%) wird Bodenerosion durch große Bestandeslücken (> 1 Baumlänge in Falllinie) begünstigt (Moos et al. 2016), was die Standorte langfristig beeinträchtigt und ihre Produktivität herabsetzt. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf steilen Standorten in diesen Waldgruppen möglichst kleinflächig auszuführen und sollten sich besser horizontal als vertikal erstrecken, um Hangrutschungen zu vermeiden. Möglichst wurzelintensive Baumarten sind zur Bodenstabilisierung zu bevorzugen (bitte Spektrum laut Waldgruppe beachten, etwa die Lindenarten, Berg-Ahorn, Schwarz-Kiefer, etc.) (Thomasius 1996).

Gefahr von Humus- und Mineralbodenabbau besteht auf den Waldstandorten mit flachgründigen Rendzinen auf Kalken und Dolomiten (LI34cg, KI1c, Fm2cg). Dies gilt auch für Bestandeslücken > 1,5 Baumlängen in flachen Lagen, wobei organisches Humus-Material in Folge rasch abgebaut oder mit dem nur in geringem Ausmaß vorhandenen mineralischen Bodenmaterial in den zerklüfteten Fels ausgeschwemmt werden kann. Stabile Waldbestände sind auf diesen Standorten folglich von besonderer Bedeutung zur Erhaltung der Standortsgüte.

Schneebruch: Große Nassschnee-Mengen sind in den vier Waldgruppen möglich und können immer wieder auftreten. Ein Hinweis darauf sind historische Schneefall-Ereignisse, wodurch Wipfelbruch bei Fichte, Kiefernarten oder anderen Baumarten auftrat. Tannen können dem offensichtlich besser widerstehen, wie die deutlich geringeren Schäden an dieser Baumart nach dem massiven Schnee- und Eisanhang-Ereignis 2014 im Süden Österreichs und in Slowenien gezeigt haben. Gefährdet sind vor allem einschichtige Fichten- und Rot-Kiefern-Stangenhölzer, welche in allen drei Waldgruppen auftreten können. Grundsätzlich zählen die Laubbaumarten und Lärche zu den besonders schneebruchresistenten Baumarten, da sich auf ihren unbelaubten Ästen im Winter Schnee nicht so leicht anlagert. Das hebt die Bedeutung der Laubbaumarten und von Lärche in den drei Waldgruppen hervor. Eisanhang jedoch, welcher meist in Verbindung mit Frost bei Nebellagen entsteht, kann auch Laubbaumkronen erheblich schädigen.

Steinschlag: In felsigen Steillagen aller Standorte der *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* kann es durch Steinschlag vermehrt zu Rindenschäden kommen, welche bei vielen Baumarten zum Problem werden können (z.B. bei Fichte Rotfäule-Bildung, bei Buche Rotkern-Bildung und Weißfäule). Lücken von

> 20 m Länge in Falllinie ermöglichen bereits das Erreichen einer maximalen Fallgeschwindigkeit der Steine und sollten daher auf solchen Standorten vermieden werden. Felsige Steillagen treten in den drei Waldgruppen immer wieder auf.

Waldbrand: In der *Waldgruppe KI* ist auf den trockenen und mäßig trockenen Standorten (KI1c, KI12e) Waldbrandgefahr generell gegeben, vorallem dadurch, dass die Streu der Kiefernarten am Waldboden präsent ist. In der *Waldgruppe Fm* ist Waldbrandgefahr auf allen Standorten gegeben, und zwar wegen der mäßig trockenen Wasserhaushaltsstufe. Auf den gefährdeten Standorten der beiden genannten Waldgruppen sind während Trockenperioden äußerste Achtsamkeit und Vorkehrungsmaßnahmen empfohlen, um etwaige Brandentwicklungen zu vermeiden.

Trockenheit: In großen Bestandeslücken führt direkte Sonneneinstrahlung – besonders südseitig – zu Austrocknung und zum Absterben der Verjüngung. In den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* ist das Auftreten von Trockenstress und mögliche Trockenschäden an Waldbeständen grundsätzlich auf allen Standorten gegeben, sehr lange andauernde Trockenperioden führen zu Problemen, vor allem in Hinblick auf Anfälligkeit für Folgeschäden (Pluess et al. 2016).

Insekten: Die erhöhte Gefahr für Borkenkäfer-Kalamitäten ist teilweise gegeben. Aktuell sind von **Fichte** dominierte Bestände in der *Waldgruppe Fm* durch Borkenkäfer gefährdet (insbesondere Buchdrucker *Ips typographus*, seltener Kupferstecher *Pityogenes chalcographus*). Das vermehrte Auftreten von Kalamitäten mit immer größerem Ausmaß liegt besonders an den erhöhten Temperaturen und längeren Trockenperioden und den damit für eine Borkenkäfermassenvermehrung verbundenen besseren Bedingungen (Jönsson et al. 2009; Netherer und Schopf 2010). Monitoring-Maßnahmen zur Beobachtung der Entwicklung von Borkenkäferpopulationen und sorgsame Waldwirtschaft sind besonders in den *Waldgruppe Fm* empfohlen. In den anderen zwei Waldgruppen ist die Gefahr aufgrund des seltenen Auftretens von Fichte als wesentlich geringer einzustufen.

Für **Rot-Kiefer** *(Waldgruppe KI)* bestehen Gefährdungen bezüglich Waldgärtner (*Tomicus* spp.), verschiedenster Borkenkäfer (*Pityogenes bidentatus, Ips acuminatus, Ips sexdentatus*), Rüssler (*Pissodes* spp.) und verschiedener Blattwespen (etwa *Diprion pini*).

Pilzerkrankungen: Die **Rot-Kiefer** (*Waldgruppe KI*) ist vor allem durch *Dothistroma*-Nadelbräune und die *Scleroderris*-Krankheit (Kieferntriebsterben durch *Gremmeniella abietina*) gefährdet, sowie durch das Kieferntriebsterben im Zuge eines Befalls durch *Diplodia sapinea*. Dieser Schwächeparasit spielt vor allem an **Schwarz-Kiefer** eine wichtige Rolle, ähnlich wie das Triebschwinden durch *Cenangium ferruginosum*. Beide **Kiefern-Arten** können von Wurzelfäule-Erregern betroffen sein, insbesondere Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s.l.), Kiefern-Braunporling (*Phaeolus schweinitzii*) und Krause Glucke (*Sparassis crispa*).

Die **Esche** (*Waldgruppe LI*) ist in Österreich seit dem Jahr 2005 stark vom Eschen-Triebsterben betroffen, welches in einigen Talschaften der Steiermark nahezu alle Eschen geschädigt oder zum Absterben gebracht hat. Die Befallsintensität ist in der Steiermark regional sehr unterschiedlich. Vor allem auf den Unterhang-Standorten, wo Esche gemeinsam mit den Ahornarten große Bedeutung hat, ist die vom Falschen Weißen Stängelbecherchen (*Hymenoscyphus fraxineus*) ausgelöste Pilzerkrankung regional sehr massiv. Eine erfolgreiche Umsetzung forstlicher Vorhaben kann derzeit nicht erwartet werden, womit eine waldbauliche Planung und geordnete Bewirtschaftung für diese Baumart derzeit nicht möglich ist.

In den folgenden Abb. 13.7 bis 13.9 ist dargestellt, für welche Waldstandortseinheiten in den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* die einzelnen limitierenden Faktoren eine besondere Bedeutung haben. Von innen nach außen bzw. heller zu dunkler Schattierung nimmt der jeweilige Faktor an Bedeutung zu.

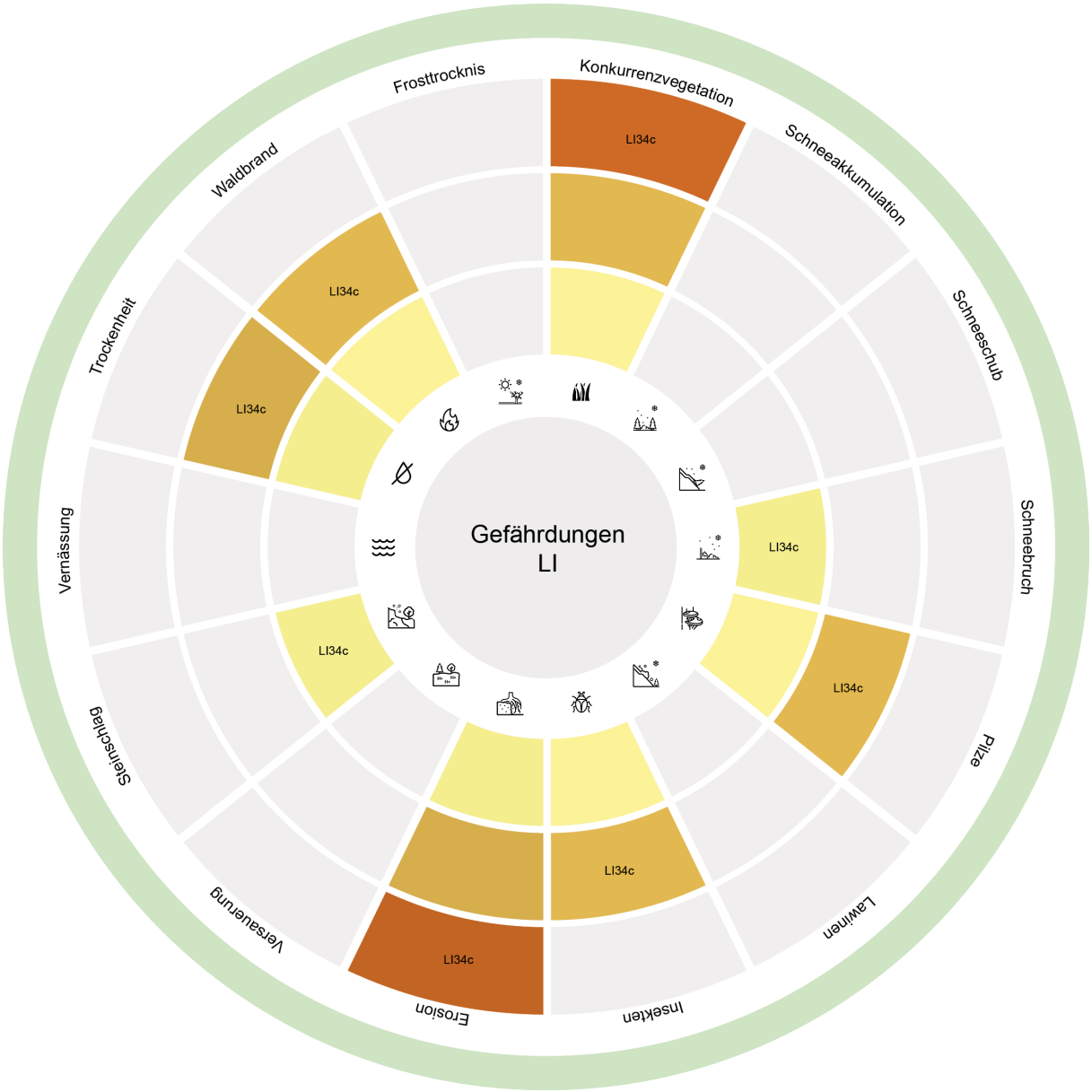


Abbildung 13.7: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe LI*.

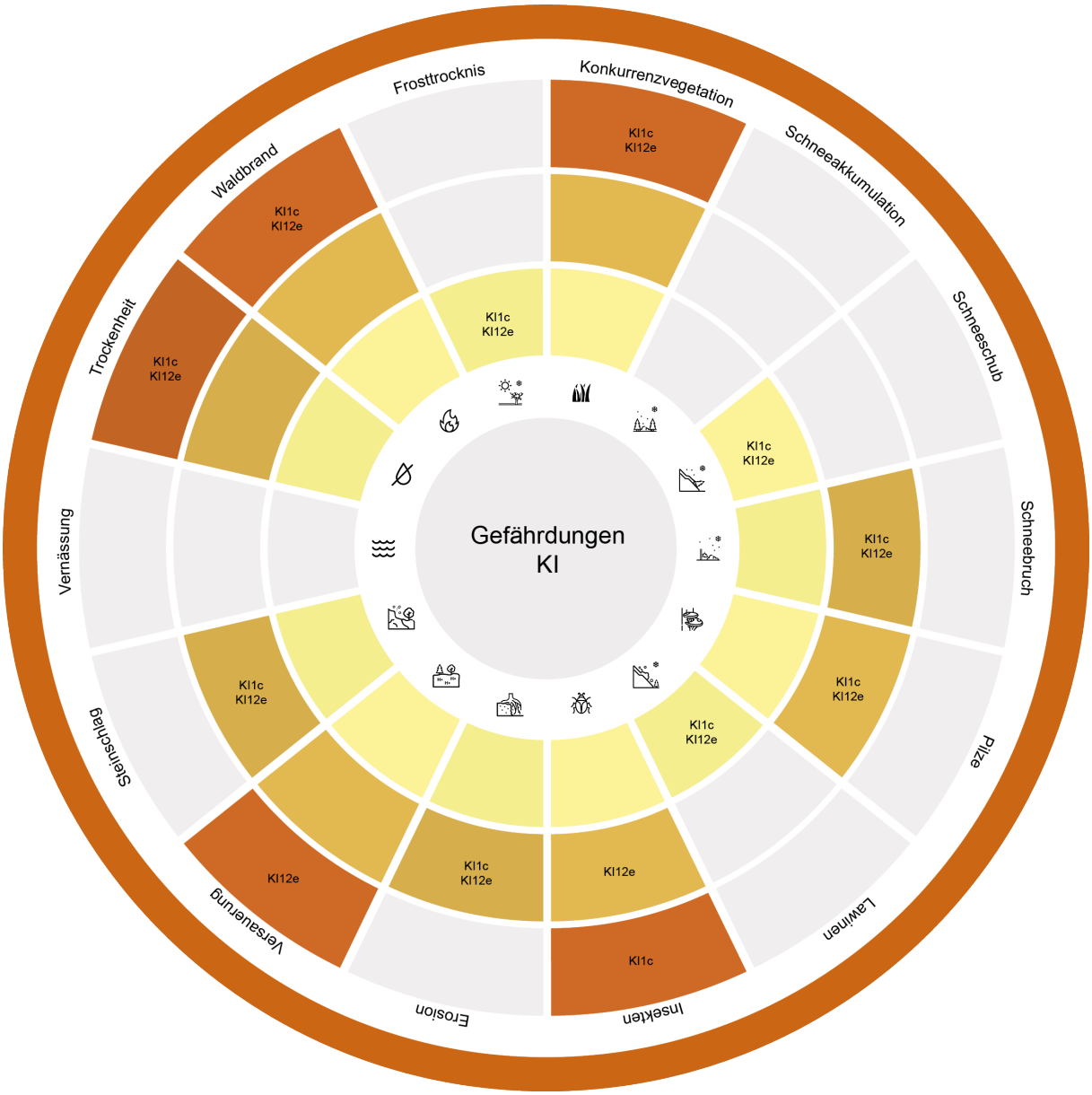


Abbildung 13.8: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe KI.*

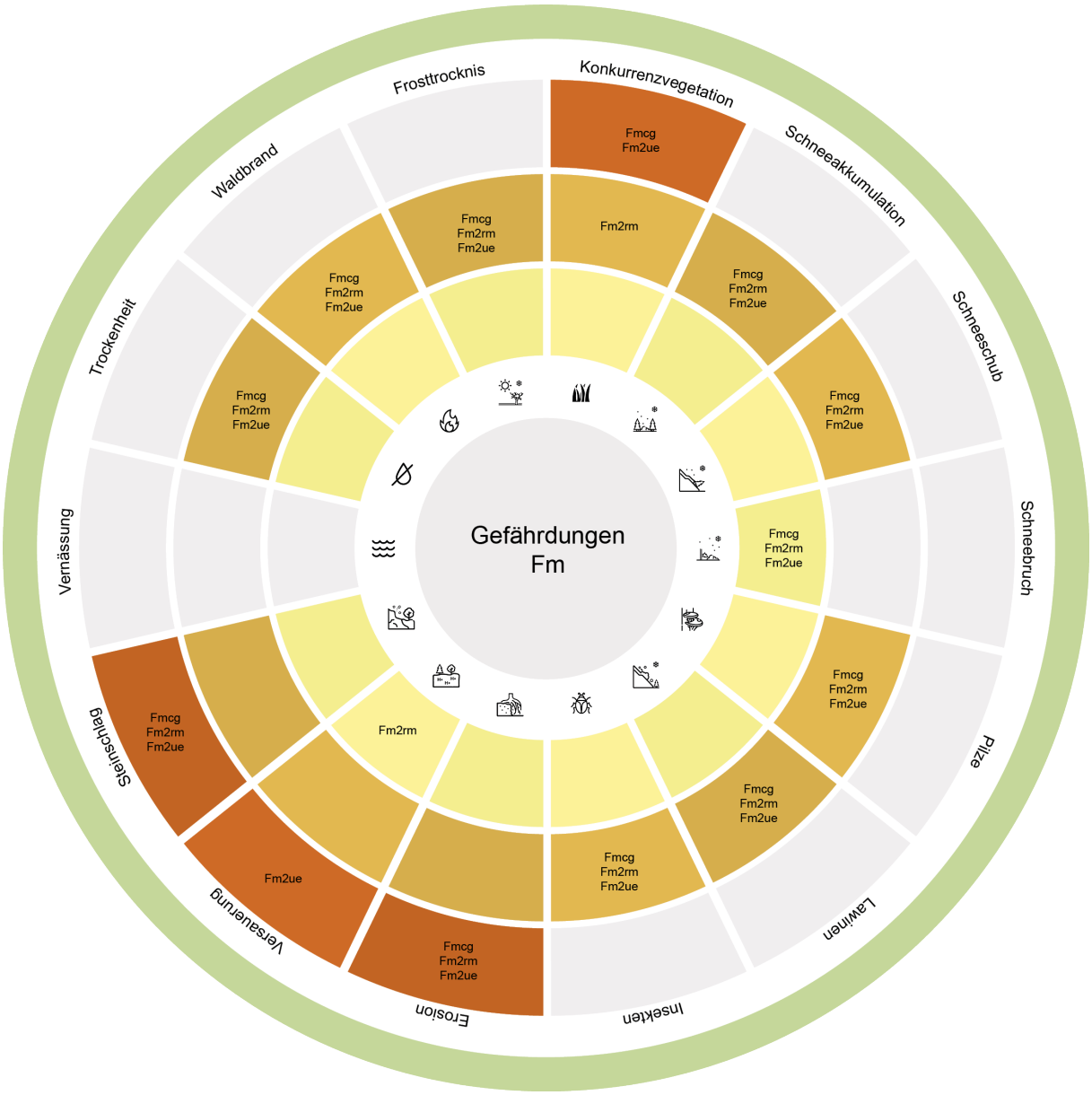


Abbildung 13.9: Limitierende Faktoren für Waldbestände auf Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe Fm.*

13.4 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen steigende Risiken für die Waldbestände und häufigere Gefährdungen durch Kalamitäten – siehe Kap. 13.3 – erwarten. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in den steirischen Wäldern verfolgen daher drei wesentliche Grundprinzipien:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen: Dabei soll die Widerstandsfähigkeit der Wälder in den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* gegen Auswirkungen des Klimawandels durch eine grundlegende Stabilisierung der Waldbestände verbessert werden.

- Förderung der Resilienz: Sie erlaubt eine rasche Wiederherstellung der Waldfunktionen. Dabei versteht man unter Resilienz die Fähigkeit der Wälder in den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm*, nach dem Auftreten von Störungen wieder zu einem erwünschten Zustand zurückzukehren.

- Förderung der Anpassungsfähigkeit der Waldbestände: Durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Diversität und Diversifizierung der Wälder in den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* soll der Übergang in neue Waldzustände erleichtert werden.

In den *Waldgruppen LI, KI* und *Fm* sind die Möglichkeiten zur Förderung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände (Abb. 13.10) im Klimawandel in spezifischer Form gegeben.

In den *Waldgruppen LI* und *KI* ist das Begründen von Fichtenreinbeständen aufgrund des Klimawandels als höchst riskant einzustufen, weshalb davon abgeraten wird. Als Alternative dazu bieten sich klimafitte Mischungstypen an, welche spezifisch für jede der drei Waldgruppen definiert und entwickelt wurden.

In diesem Kapitel wird den unterschiedlichen Ausgangslagen aufgrund der drei Waldgruppen und der diversen häufigen Bestandestypen innerhalb jener Rechnung getragen. Alle empfohlenen Maßnahmen werden dahingehend entwickelt.

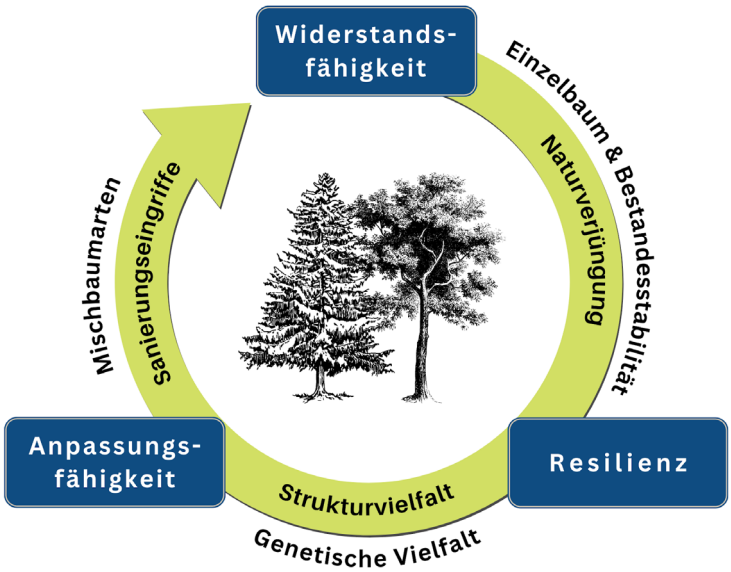


Abbildung 13.10: Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit.

13.4.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Verbesserung der Einzelbaum- und Gruppenstabilität

Waldgruppe LI

Für **Laubmischwaldbestände (Winter-Linde, Sommer-Linde)** wird eine gezielte Förderung vitaler Einzelbäume und Gruppen empfohlen. Die Lindenarten erschließen die skelettreichen Karbonatböden der Waldgruppe hervorragend. Die Förderung der Bestandesstabilität erfolgt durch ihr Herzwurzel-System, wodurch die Lindenarten als Stabilitätsträger die Widerstandskraft gegenüber Windeinwirkungen zu erhöhen vermögen. Daher ist die Präsenz von kräftigen Linden mit H/D < 0,8 von großem Vorteil für die Stabilität von Waldbeständen. Auch die Ahornarten tragen zur Stabilität der Bestockung bei. Die Förderung von stabilen und vitalen Individuen aller vorhandenen Baumarten stärkt darüber hinaus das Bestandesgefüge.

Waldgruppe KI

Die in der Waldgruppe heute stabilen **Rot-Kiefern- Bestände** sind zur Verbesserung ihrer Stabilität im Hinblick auf die H/D-Werte (< 0,8) der Individuen zu behandeln. Grundsätzlich ist die Rot-Kiefer die Baumart mit der größten Stabilität auf den trockenen und mäßig trockenen Standorten der Waldgruppe. Auch Schwarz-Kiefer kann auf den karbonatischen Standorten der Waldgruppe (KI1c) eingebracht werden und ist als besonders taugliche Baumart für diese Standortsbedingungen hervorzuheben.

Waldgruppe Fm

Für die aktuell ausgebildeten **Fichten-Bestände** ist die Förderung von stabilen Fichten (H/D < 0,8) zentral für die Verbesserung der Bestandesstabilität.

Mögliche Maßnahmen bei Schädlingsbefall

Borkenkäfer-Vermehrungen haben in der jüngsten Vergangenheit die **Fichte** auch in der *Waldgruppe Fm* betroffen. In den Waldvegetationszonen kühle Mischwaldzone und sehr kühle Nadelwaldzone ist daher besonderes Augenmerk auf das Auftreten eines etwaigen Borkenkäferbefalls zu legen. Dabei sind die üblichen phytosanitären Präventionsmaßnahmen zu tätigen, wie etwa rechtzeitiges Entfernen von befallenen Fichten aus dem Waldbestand und das Ausbringen von Fangbäumen oder Schlitzfallen. Fichte wird weiterhin die wichtigste Baumart in dieser Waldgruppe bleiben.

Für **Rot-Kiefer** und **Schwarz-Kiefer** (*Waldgruppe KI*) wird empfohlen, allgemein Dichtstand und Wunden zu vermeiden, sowie stark befallene Baum-Individuen zu entnehmen. Grundsätzlich sind Bestandeseingriffe in Kälteperioden (bei Minusgraden) weniger gefährlich in Bezug auf die Ausbreitung von Pilzsporen, das gilt nicht nur für Kiefernarten. Für die Kiefernarten ist es bedeutsam, bereits im Dickungsstadium stärker zu durchforsten, um die Entwicklung von kräftigen Kronen und damit widerstandsfähigen Baumindividuen zu ermöglichen.

Baumartenvielfalt und Strukturvielfalt

Baumartenvielfalt ist in den *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* von zentraler Bedeutung für die Resilienz von Waldbeständen, weil sie einen flächigen Zusammenbruch von Wäldern durch Schädlingsbefall oder andere Störungseinflüsse verhindern kann. Die Vielfalt an Baumarten, welche in den drei Waldgruppen gedeihen kann, erleichtert die Gestaltung von gemischten Waldbeständen. Eine Reduktion des Risikos flächiger Trockenschäden kann durch Einbringung trockenresistenter Mischbaumarten erzielt werden.

Strukturvielfalt kann in den Waldbeständen durch eine Erhöhung der Altersdiversität und Mehrschichtigkeit erzielt werden. Dadurch kann das Risiko eines flächigen Zusammenbruchs des Waldbestands vermindert werden.

Naturverjüngung und Kunstverjüngung

Zur Erhöhung der Resilienz von Waldbeständen ist die Naturverjüngung von großer Bedeutung, weil die autochthonen Baumarten an die Standortsbedingungen gut angepasst sind und solcherart gewachsene Baumindividuen ein besonders kräftiges Wurzelsystem entwickeln können. Trotzdem ist die Kunstverjüngung auch eine wichtige Maßnahme, weil oftmals nur durch Pflanzung erwünschte Pflanzeneigenschaften oder Mischungsanteile erzielt werden können. Daher ist die Frage, ob Naturverjüngungs-Verfahren oder Kunstverjüngungs-Verfahren oder beides in Kombination anzuwenden wäre, immer für den spezifischen Standort von der jeweiligen Forstfachkraft zu beantworten. Für alle gepflanzten Baumindividuen aller Baumarten ist auf die passende Herkunft zu achten.

Die zeitgerechte und erfolgreiche Verjüngung von Waldbeständen ist zentraler Aspekt der Resilienz. Wenn ein Waldbestand bereits etablierte Verjüngung der erwünschten Baumarten aufweist, kann er nach Störungen (Windwurf, Borkenkäfer-Kalamitäten) wieder rasch eine funktionale Bestockung entwickeln. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil, in allen Waldbeständen der *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* bereits einen definierten Prozentsatz an Verjüngungsentwicklung (10-20 % der Bestandesfläche) zu etablieren (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018), um deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz zu verbessern.

Genetische Vielfalt erhalten

Für den Erhalt der regional angepassten genetischen Diversität der vorhandenen Baumarten kommt der Naturverjüngung große Wichtigkeit zu. Kunstverjüngungs-Maßnahmen müssen den standörtlichen Rahmenbedingungen in besonderer Weise Rechnung tragen, weshalb bei Pflanzungen genau auf das passende Saatgut (Verwendung geeigneter Herkünfte) zu achten ist. Auch Wildlings-Vermehrung kann zum Erhalt der genetischen Vielfalt beitragen und stellt eine intelligente Alternative für die Etablierung von Verjüngung dar.

Die **Lindenarten** (*Waldgruppe LI*) können sich im Zuge der Naturverjüngung etablieren, und zwar gemeinsam mit den zahlreichen Laubmischbaumarten.

Die **Rot-Kiefer** kann sich auf den Standorten der *Waldgruppen KI* mittels Naturverjüngung etablieren, so der Verbissdruck waldökologisch tragfähig ist. Die **Schwarz-Kiefer** wird in dieser Waldgruppe in der Steiermark zumeist künstlich einzubringen sein.

Die **Fichte** wird sich auf den Standorten der *Waldgruppe Fm* in der Steiermark sowohl im Zuge der Naturverjüngung etablieren, als auch künstlich eingebracht werden können.

13.4.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

In den *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels, in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen, in unterschiedlichem Ausmaß gegeben. Besonders die reinen Fichtenbestände werden in der Klimazukunft in den *Waldgruppen LI* und *KI* unter den veränderten Rahmenbedingungen einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein, weshalb auf eine Überführung von Fichtenreinbeständen besonderes Augenmerk zu legen ist. Im folgenden Kapitel werden unter der Rubrik „Klimafitte Mischungstypen" waldbauliche Strategien für die *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* beschrieben, wobei die unterschiedlichen Rahmenbedingungen bezüglich der Ausgangslage herausgearbeitet werden. Zur Erleichterung der Verständlichkeit werden alle klimafitten Mischungstypen basierend auf der jeweiligen Waldgruppe definiert und entwickelt.

Klimafitte Mischungstypen

Unter Berücksichtigung der drei Prinzipien Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit können waldbaulich sinnvolle Mischungstypen definiert werden, welche Baumarten mit hohen Eignungswerten für die ausgewählten Standorte in der Klimazukunft umfassen. Die *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* müssen dabei differenziert betrachtet werden. Zum Teil werden aktuelle Baumarten-Kombinationen in der Klimazukunft ihre Tauglichkeit bewahren, während in den reinen Fichtenbeständen zum Teil die Beimischung von Nadel- und Laubbaumarten notwendig werden wird. Die Beimischung von Laubbaumarten verbessert die Bestandesstabilität und Resilienz insgesamt (Valinger und Fridman 2011; Jactel et al. 2017), außerdem kann es besonders auf ärmeren Standorten zu einer verbesserten Bestandesleistung kommen (Pretzsch et al. 2010).

Achtung: In der Standortskarte ist in jedem Fall die zukünftige Entwicklung der heutigen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* zu beachten (unterschieden in RCP 4.5 und RCP 8.5 für den Zeithorizont 2085). Es ist allerdings zu erwähnen, dass aufgrund der herrschenden Standortsbedingungen aktuell keine Abkehr von den empfohlenen Baumartenkombinationen durchführbar ist, auch wenn sich in der Klimazukunft auf den Standorten völlig andere und verschiedene Waldgruppen etablieren sollten. Darauf aufbauend wurden die geeigneten Mischungstypen definiert (Tab. 13.4). Es ist dabei zu beachten, dass alle definierten klimafitten Mischungstypen bereits heute Standortstauglichkeit aufweisen, und zusätzlich in der Klimazukunft nachhaltig stabil sind. Das ist die Grundlage für die Umsetzung der waldbaulichen Empfehlungen in der Gegenwart. Im Folgenden werden die Alternativen differenziert beschrieben.

Waldgruppe LI

WiLi (SoLi) - FAh - Els

In der *Waldgruppe LI*, welche durch carbonatische Standorte gekennzeichnet ist, kann die Mischung von Linde (Winter-Linde oder/und Sommer-Linde) mit Feld-Ahorn und Elsbeere als klimafitte Mischung etabliert werden. Die Lindenarten schließen die skelettreichen Karbonatstandorte gut auf, Feld-Ahorn und Elsbeere tragen zur Baumartenvielfalt bei. Bei geeigneter Pflege liefern alle drei Baumarten Wertholz.

WiLi (SoLi) - BAh - Spe

Auch die Mischung von Linde (Winter-Linde oder/und Sommer-Linde) mit Berg-Ahorn und Speierling kann als klimafitte Mischung etabliert werden. Die Lindenarten schließen die skelettreichen Karbonatstandorte gut auf, Berg-Ahorn und Speierling tragen zur Baumartenvielfalt bei. Bei geeigneter Pflege liefern alle drei Baumarten Wertholz.

Waldgruppe KI

RKi - Bi (vor allem für KI12e)

Rot-Kiefer gemeinsam mit Birke kann die extrem basenarmen Standorte der *Waldgruppe KI* stabil und klimafit erschließen. Auf diesen Trockenstandorten geht es vor allem um Standortschutz, daher werden Holznutzungen eher von sekundärer Bedeutung sein.

SKi (RKi) - Mb (vor allem für KI1c)

Auf den carbonatischen Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe KI* können sowohl Schwarz-Kiefer als auch Rot-Kiefer in Mischung mit Mehlbeere etabliert werden. Beide Kiefernarten können die extrem skelettreichen und trockenen Standorte stabil erschließen. Schwarz-Kiefer kann zumeist etwas bessere Wüchsigkeiten als Rot-Kiefer erzielen, was auf den ohnehin nährstoffarmen Standorten jedoch weniger bedeutsam ist. Die Mehlbeere ist eine geeignete Mischbaumart und kann in geringer Anzahl mitbegründet werden (Natur- oder Kunstverjüngung).

Waldgruppe Fm

Fi - Bi (besonders für Fm2ue)

Fichte vermag die mäßig trockenen Standorte stabil zu bestocken und ist in der Mischung mit Birke als klimafitte Bestockung in der *Waldgruppe Fm* hervorzuheben. Die erzielbaren Wüchsigkeiten sind aufgrund der mangelnden Wasserversorgung allerdings gering.

Fi - BAh (besonders für Fm2cg und Fm2rm)

Fichte vermag die mäßig trockenen Standorte stabil zu bestocken und ist auf den gut mit Basen versorgten Standorten in der Mischung mit Berg-Ahorn als klimafitte Bestockung zu etablieren. Die erzielbaren Wüchsigkeiten sind aufgrund der mangelnden Wasserversorgung allerdings gering. Es handelt sich im Wesentlichen um Standortsschutzwälder.

Tabelle 13.4: Klimafitte Mischungstypen für die heutige *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Baumarteneignung.

Heutige Waldgruppe	**Lokalität und Spezifikation**	**Klimafitter Mischungstyp***
LI	sehr milde bis milde Laubwaldzone	WiLi - FAh - Els
		SoLi - FAh - Els
		WiLi - BAh - Spe
		SoLi - BAh - Spe
		WiLi - BAh - Spe
KI	mäßig milde bis kühle Mischwaldzone	RKi - Bi
		SKi - Mb
		RKi - Mb
Fm	kühle Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone	Fi - Bi
		Fi - BAh

* sehr gute und gute Baumarteneignung 2020 und 2085

13.4.3 Dringlichkeit der Maßnahmen

Der Zeitpunkt für die Durchführung von Anpassungsmaßnahmen orientiert sich an der Dringlichkeit der Eingriffe. Die aktuelle und zukünftige Baumarteneignung der in einem Bestand vorkommenden Baumarten ist dafür ein Hinweis. Grundsätzlich haben Fichtenreinbestände in den *Waldgruppen LI* und *KI* in der Klimazukunft eine in Summe geringere Baumarteneignung als Mischbestände (siehe Tab. 13.4). Es werden für die drei nur äußerst kleinflächig auftretenden Waldgruppen keine weiteren Ausführungen zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit gegeben, bitte orientieren Sie sich bezüglich der waldbautechnischen Umsetzung an den Empfehlungen für die klimafitten Mischungstypen in den unmittelbar angrenzenden Waldgruppen. Das Baumartenspektrum ist an den drei beschriebenen Waldgruppen zu orientieren.

13.5 Waldbau im Schutzwald

In den *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* sind in der Steiermark regional Schutzwaldanteile gegeben. Speziell in den steirischen Gebirgsgruppen mit sehr steilen und felsigen Taleinhängen ist die Schutzfunktion der Waldökosysteme vorrangig. Um die zeitlich und räumlich nachhaltige Erfüllung der Schutzfunktionen zu gewährleisten, sind im Klimawandel besondere Maßnahmen erforderlich. Die spezifischen Anpassungsmaßnahmen sollen die Widerstandsfähigkeit der Waldbestände gegen Naturgefahren verbessern.

Baumartenvielfalt

Die Vielfalt der Baumarten in Schutzwaldbeständen der *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* ist wesentlich für deren Widerstandsfähigkeit und Resilienz. Die jeweilig als optimal zu bezeichnende Baumartenmischung wird von den spezifischen Waldgruppen und deren Standorten determiniert. Grundsätzlich ist es für die Schutzwirkung besser, wenn mehrere Nadel- und Laubbaumarten gemeinsam vorhanden sind. Etwa gegenüber Sturm sind Mischbestände aus Laubbaumarten und Nadelbaumarten deutlich beständiger (Schmidt et al. 2005). Für die Baumarten je Waldgruppe orientieren Sie sich bitte an Kapitel 13.1.

Bestandesgefüge

Im Schutzwald ist Strukturvielfalt zur Optimierung der Schutzwirkung von Vorteil (Thomasius 1996; Frehner 2005). Also sind ungleichaltrige Waldbestände anzustreben, die auch eine möglichst vielfältige Stufung aufweisen. Durch Strukturvielfalt werden Stabilität und Resilienz der Waldbestände verbessert. Das bedeutet, dass in Schutzwaldbeständen unterschiedliche Durchmesserklassen der standortsspezifischen Baumarten gemeinsam stocken sollen. Dieses Ziel ist in den *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* effizient umsetzbar, wenn die verfügbare Baumartenvielfalt genutzt wird. Bereits 1831 hat Zötl erkannt, dass die „Ungleichheit an Alter und Größe“ Voraussetzung für eine kontinuierliche Schutzwirkung des Waldes ist. Auf möglichst langkronige, abholzige Waldränder ist ebenfalls zu achten (Frehner 2005).

Verjüngung

Um eine nachhaltig stabile Schutzfunktion zu garantieren, ist eine kontinuierliche Verjüngungsentwicklung in Schutzwäldern zu ermöglichen. Auf zumindest 10-20 % der Bestandesfläche sollten sich daher bereits etablierte Verjüngungsstadien befinden (Koeck, Hochbichler und Vacik 2018). Die Baumartenzusammensetzung der Verjüngung sollte alle erwünschten Arten in ausreichender Anzahl und guter Vitalität umfassen. Eine zeitlich kontinuierlich erfolgreiche Verjüngungsentwicklung in Schutzwaldbeständen beugt einer Überalterung derselben wirksam vor. Kleinflächige Verjüngungsverfahren mit langen Verjüngungszeiträumen sind nach Möglichkeit Saumkahlschlägen vorzuziehen (Mayer und Ott 1991). Es ist für alle drei Waldgruppen hervorzuheben, dass jegliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel nur durch eine Sicherstellung der Verjüngungsentwicklung durchführbar sind. Daher ist die Herbeiführung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen heute umgehend umzusetzen.

Stabilitätsträger

In Schutzwaldbeständen ist die Präsenz von Stabilitätsträgern der jeweiligen und bereits genannten Baumarten von zentraler Bedeutung. Als solche sind besonders vitale, lotrecht gedeihende Baumindividuen mit kräftigem Wuchs und optimalen H/D-Werten (< 0,8) zu bezeichnen. Diese Stabilitätsträger können durchaus ältere Baumindividuen sein, so sie den Vitalitäts- und Stabilitätskriterien entsprechen. Je nach Waldgruppe sind das verschiedene Baumarten.

Rutschungen, Erosionen, Murgänge und Lawinen

Um gravitative Prozesse zu vermeiden, sind die Schutzwaldbestände auf den steilen Standorten, vor allem der *Waldgruppe Fm,* möglichst geschlossen und strukturreich zu halten. Bei Nutzungen oder Verjüngungsverfahren sind Bestandeslücken daher möglichst kleinräumig auszuformen. Es ist die Gestaltung von horizontalen Schlitzhieben zu empfehlen, weil dadurch Kahlflächen vermieden werden, wo Waldlawinen oder Rutschungen lange vertikale Beschleunigungsbahnen vorfinden würden. Tiefwurzelnde Baumarten können auf derartigen Standorten eine verbesserte Schutzwirkung erzielen und sollten daher, wenn möglich, gefördert werden. Nach langer Trockenheit ist die Wasseraufnahmefähigkeit des Oberbodens stark vermindert. Die Waldbestockung wirkt durch ihre bodenstabilisierende und bodenverbessernde Bewurzelung, Interzeption und Transpiration der Erosion entgegen. Allgemein gilt, je mehr stockende Biomasse und Blattfläche im Bestand vorhanden ist, desto besser ist die Interzeptions- und Pufferrate gegenüber Starkregenereignissen (z.B. Altieri et al. 2018).

Steinschlag

Die Lückenlänge im Bestand hat großen Einfluss auf die Schutzwirkung, da herabfallende Steine schon nach 40 m Bahnlänge ihre maximale Geschwindigkeit erreichen. Daher werden mind. 400 Bäume/ha (BHD > 12 cm) und Öffnungen in der Falllinie < 20 m gefordert. Falls die Stammzahl für eine erfolgreiche Naturverjüngung zu hoch ist, kann eine Reduktion erfolgen. Die Öffnungen in Falllinie dürfen dabei aber nicht den Grenzwert überschreiten. Während Fichte nach Verletzungen anfällig für Fäule ist, sind Rot-Kiefer, Lärche und Berg-Ahorn dahingehend kaum anfällig und daher länger stabil. Auch weitere Laubbaumarten der *Waldgruppen LI, Fm* und *KI* weisen hohe Stabilität gegen Steinschlag auf (z.B. Schwarz-Kiefer, Mehlbeere, Vogelbeere). Hoch Abstocken (> 100 cm) kann im Zuge von Fällungen die Steinschlaggefahr zeitlich begrenzt reduzieren (Frehner 2005).

In den ersten Jahren bremsen Baumstümpfe, liegende Stämme, etc. rollende Steine beträchtlich. Wichtig hierbei ist, dass Bäume schräg gefällt/abgelegt werden, damit es nur zum Bremsen und nicht dazu kommt, dass nach einigen Jahren in Folge des Totholzabbaus abgelagerte Steine wieder in Bewegung kommen (Kalberer 2007). Ebenso können bodennahe Hindernisse zu einem „Sprungbrett“ für rollende Steine werden und deren räumliche Wirkung sogar verstärken. Insgesamt ist es also besser darauf zu achten, dass eine ausreichend heterogene Bestandesstruktur zustande kommt bzw. bestehen bleibt. Laubbäume mit starken Durchmessern und gutem Ausheilungsvermögen (z.B. Berg-Ahorn) sind hilfreich (Pluess et al. 2016).

14. MH, Ews

MH – Manna-Eschen-Hopfenbuchenwald-Standorte
Ews – Eichensteppenwald-Standorte
in der sehr warmen Laubwaldzone bis zur mäßig milden Mischwaldzone

Tabelle 14.1: Übersicht zu den Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe MH* (Manna-Eschen-Hopfenbuchenwald-Standorte) und *Waldgruppe Ews* (Eichensteppenwald-Standorte) – Das sind virtuelle Waldstandortseinheiten, weil sie erst in der Klimazukunft auftreten könnten.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt
MH			
MH34cg	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig frisch und frisch
Ews			
Ews0cg	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	sehr trocken
Ews0rm	basenreich und mäßig basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	sehr trocken
Ews0ue	basenunterversorgt und extrem basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	sehr trocken

Charakteristika der für die Zukunft modellierten Waldgruppen

Verbreitung

Die beiden nachfolgend genannten Waldgruppen, welche als gemeinsames Merkmal ***im heutigen Klima keine nennenswerten Vorkommen*** haben, treten laut Klimaszenarien in der Zukunft (2050-2100) in verschiedenen Waldvegetationszonen der Steiermark auf. Sie sind beide laut Hauptwald-Standortsmodell als mögliche zukünftige Waldstandortseinheiten klassifiziert worden und die Ausführungen dazu haben demnach auch spekulativen Charakter. Trotzdem werden sie hier als eine Variante der möglichen Zukunft dargelegt.

Die ***Waldgruppe MH*** (Manna-Eschen- Hopfenbuchenwald-Standorte) kommt schon aktuell auf einer unbestimmten Hektaranzahl kleinflächig in der Weizklamm vor und ist durch die Wasserhaushaltsstufen „mäßig frisch“ und „frisch“ gekennzeichnet. Jedoch konnte die *Waldgruppe MH* vom Hauptwald-Standortsmodell im aktuellen Klima nicht dargestellt werden. Der Weizklammstandort konnte nur durch Felderhebungen im Projekt

dokumentiert werden. In der Weizklamm ist aktuell vor allem Hopfenbuche herrschend und Rot-Kiefer beigemischt.

Die karbonatischen Standorte (feinerdearm und feinerdereich) der *Waldgruppe MH* werden aufgrund extremer Wärmeeinwirkung (sonniger Klammstandort, von starker Strahlungsenergie geprägt) sehr gut von Manna-Esche und Hopfenbuche samt allen in Folge angeführten Mischbaumarten bestockt. Die relativ gute Wasserversorgung ist als besonderes Standortsmerkmal hervorzuheben.

Die ***Waldgruppe Ews*** wird ausschließlich für die Klimazukunft simuliert. Die Waldgruppe ist durch die Wasserhaushaltsstufe „sehr trocken" gekennzeichnet. Das Baumartenspektrum ist heute noch nicht abschätzbar. Es ist davon auszugehen, dass vor allem trockenheitsertragende Baumarten zumeist nur strauchförmig gedeihen werden können. Hochwaldförmige Waldbestände werden sich auf den betreffenden Standorten aufgrund des Wassermangels wahrscheinlich nicht mehr einstellen können. Die Möglichkeit des buschförmigen Wuchses der bekannten Baumarten ist neben zahlreichen Straucharten als wesentliches Kriterium von *Waldgruppe Ews* hervorzuheben. Wuchshöhen zwischen 6-8 m erscheinen wahrscheinlich, mit einer Vielfalt an Gehölzen, wobei jedoch das tatsächliche Erscheinungsbild noch schwer fassbar ist. Die Entwicklung der betreffenden Standorte (siehe Hauptwald-Standortskarte 2050 und 2085) ist demnach besonders zu beobachten und ein Monitoring der Waldbestände ist dringend empfohlen.

Baumartenspektrum

MH

Baumarten: Hopfenbuche, Manna-Esche, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Flaum-Eiche, Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Hainbuche, Mehlbeere, Eibe, Stechpalme, Buche, Fichte

Gastbaumarten: Aufgrund der spezifischen Wärme- und Bodenverhältnisse können keine Gastbaumarten empfohlen werden.

Ews – spekulativ, jeweils entsprechend der Basenklasse des Standorts

Baumarten: Flaum-Eiche, Zerr-Eiche, Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Feld-Ahorn, Mehlbeere, Speierling, Elsbeere, Wild-Apfel, Wild-Birne

Straucharten: Weißdornarten, Gelb-Hartriegel, Liguster, Filz-Schneeball, Warzen-Spindelstrauch, Rot-Hartriegel, Berberitze, Weißdornarten, Felsenkirsche, Filz-Steinmispel, Gewöhnlich-Steinmispel, Kreuzdorn und Schlehdorn, Wacholder, Ginsterarten (Letztere auf vor allem auf basenarmen Standorten).

Gastbaumarten: Aufgrund der spezifischen – und auch unklaren - Wärme- und Trockenheitsverhältnisse können keine Gastbaumarten empfohlen werden.

14.1 Standorte heute

Verbreitung und Besonderheiten

Im Wesentlichen sind sowohl *Waldgruppe MH* und *Waldgruppe Ews* **heute** laut Hauptwald-Standortsmodell in der Steiermark **nicht verbreitet.** Beides sind Waldgruppen, welche sich in der Klimazukunft in der Steiermark auf den ausgewiesenen Standorten einstellen könnten.

Die Standortseinheit der *Waldgruppe MH* kommt in der Steiermark nur mit einer extrem geringen Flächenausdehnung in der Weizklamm vor, welche ausschließlich durch Felderhebungen nachgewiesen wurde, jedoch nicht modelliert werden konnte.

Die *Waldgruppe Ews* ist heute nirgendwo in der Steiermark ausgebildet und erscheint ausschließlich in der Klimazukunft.

Aussagen über **Relief** und **aktuelles Wärme-** und **Niederschlagsregime** können nicht gemacht werden, weil beide Waldgruppen erst in der Klimazukunft auftauchen könnten. Deshalb würden alle Beschreibungen für die Standorte erst in der Klimazukunft getätigt werden können.

14.2 Standorte im Klimawandel

Waldgruppe MH – Wasserhaushaltsstufe „mäßig frisch bis frisch“
Waldvegetationszone: mäßig warme Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone
Die *Waldgruppe MH* (Manna-Eschen-Hopfenbuchenwald-Standorte) ist charakterisiert durch mäßig frische bis frische Standorte und umfasst alle karbonatischen Basenklassen („c“ und „g“) (Abb. 14.1).

Waldgruppe Ews – Wasserhaushaltsstufe „sehr trocken“
Waldvegetationszone: sehr warme Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone
Die *Waldgruppe Ews* (Eichensteppenwald-Standorte) ist charakterisiert durch sehr trockene Standorte. Diese Wasserhaushaltsstufe ist aktuell in der Steiermark noch nicht vorhanden und würde durch die prognostizierte Erwärmung erst in der Klimazukunft ausgebildet sein. Die *Waldgruppe Ews* umfasst alle Basenklassen („c“ bis „e“) (Abb. 14.1).

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Sie wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von der Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der nutzbaren Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt.

Nährstoffe

Die Nährstoffversorgung der Standorte wird durch die *Basenklasse* definiert und leitet sich aus der Basensättigung, dem pH-Wert, der Bodenart und der Gründigkeit ab.

Die Standortseinheit der *Waldgruppe MH* umfasst Basenklasse „c“ (carbonatische Standorte, feinerdearme Karbonatgesteine, das sind in der Regel nährstoffarme Standorte) und Basenklasse „g“ (feinerdereiche Karbonatgesteine, diese Standorte können auch nährstoffreich sein).

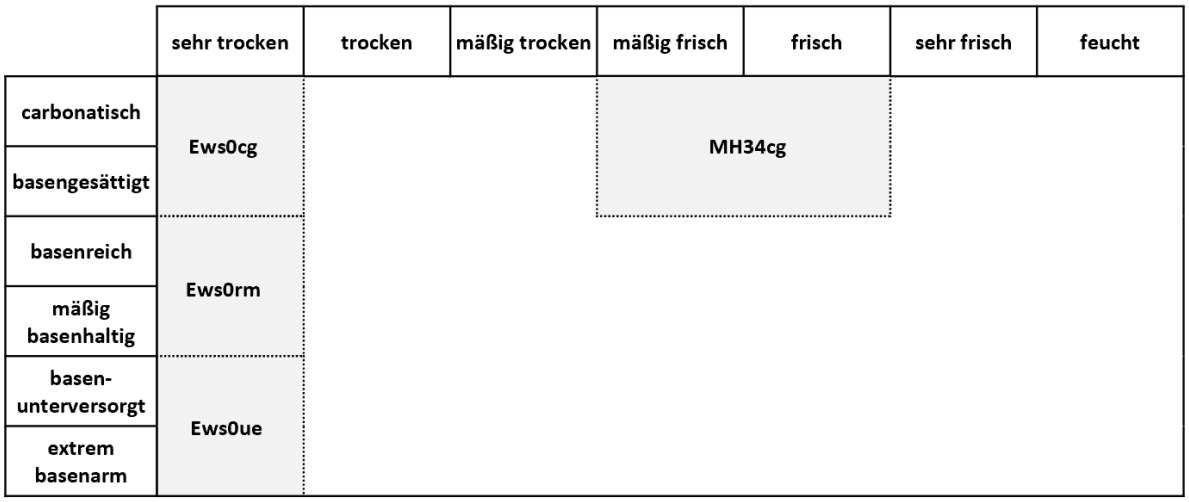


Abbildung 14.1: Schematisches Ökogramm mit der standörtlichen Einordnung der Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe**n** MH* und *Ews*.

Die Waldstandortseinheiten der *Waldgruppe Ews* umfassen alle Basenklassen, weil die sehr trockenen Standortsbedingungen auf allen Substraten auftreten können. *Wasserhaushaltsstufe* und *Nährstoffversorgung (= Basenklasse)* sind gemeinsam mit der *Wärmeversorgung (= Waldvegetationszone)* die bestimmenden Parameter für das Waldwachstum (Abb. 14.1).

Entwicklung der Verbreitung

Im Zuge des Klimawandels kommt es bei einer Zunahme der mittleren Jahrestemperatur und einer annähernd gleichbleibenden mittleren Jahresniederschlagssumme (laut den Szenarien) zu einem ersten Auftreten der beiden *Waldgruppen MH* und *Ews*.

Die heute ausgebildete Standortseinheit der *Waldgruppe MH* in der Weizklamm wurde aufgrund reiner Geländebefunde identifiziert, aber im Hauptwald-Standortsmodell konnte *Waldgruppe MH* nicht für das heutige Klima modelliert werden. In der Klimazukunft könnte diese Waldgruppe vor allem unter Szenario RCP 8.5 in weiterer Zukunft (2071-2100) an Fläche gewinnen (Abb. 14.2).

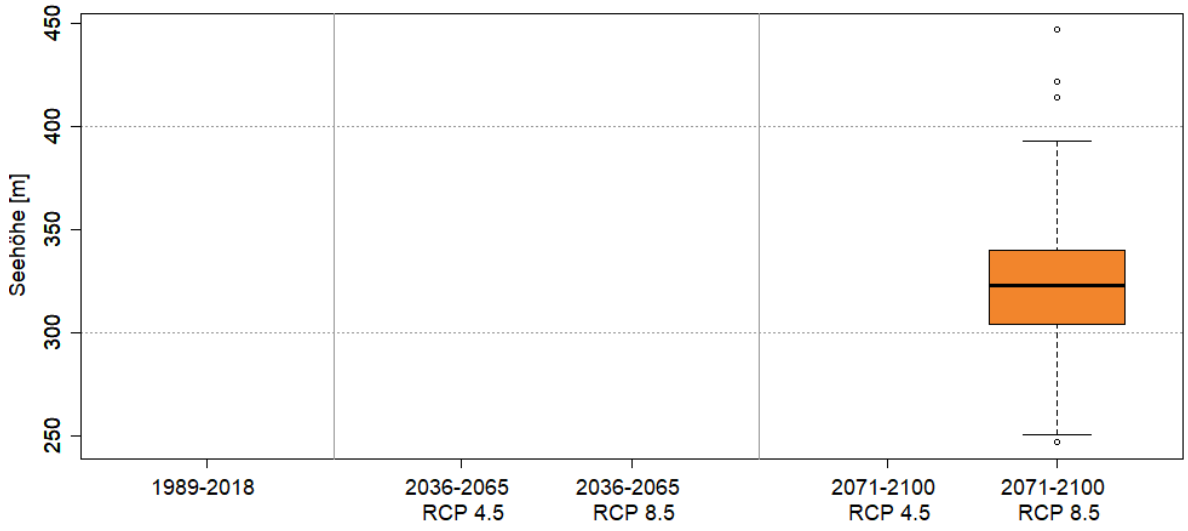


Abbildung 14.2: Höhenverbreitung der *Waldgruppe MH* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

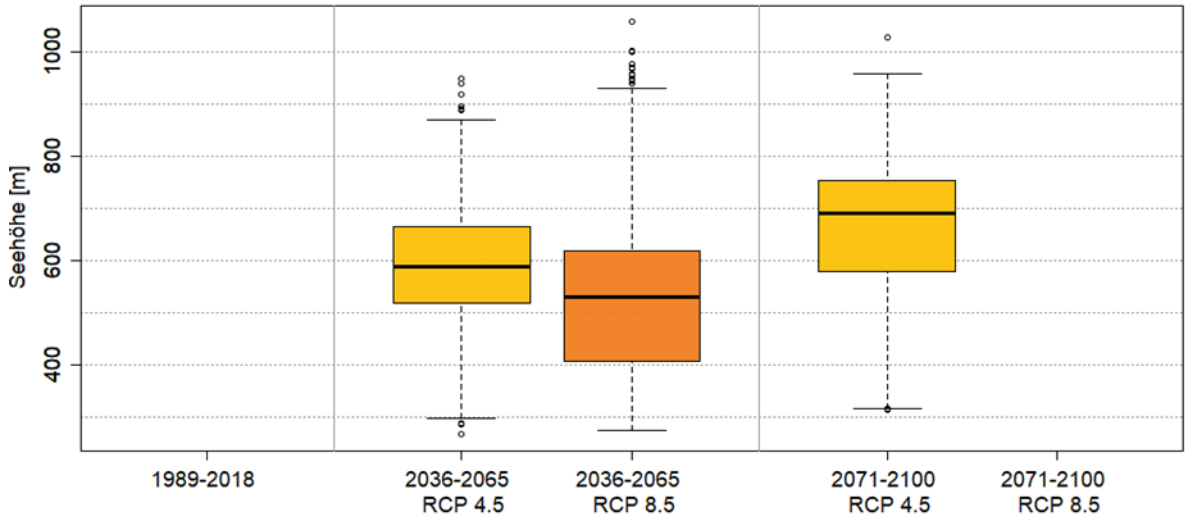


Abbildung 14.3: Höhenverbreitung der *Waldgruppe Ews* im aktuellen Klima (1989-2018) und in der Klimazukunft laut den Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

In der Klimazukunft könnte die *Waldgruppe Ews* in beiden Szenarien erstmals auftreten und in Folge an Fläche gewinnen, und zwar mit Zeithorizont 2036-2065 relativ bald (Abb. 14.3). Die angegebenen Baumarten und Straucharten sind eine spekulative Vorausschau, könnten aber auf den spezifischen Standorten in der Klimazukunft tauglich sein.

14.3 Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen

Die Entwicklung der klimatischen Bedingungen lassen das Auftreten der beiden Waldgruppen in der Klimazukunft vermuten. Daher ist in der Standortskarte zu prüfen, ob eine aktuell ausgebildete Waldgruppe sich in der Klimazukunft in die *Waldgruppe MH* oder *Ews* verändern könnte. Im Hinblick darauf können Anpassungsmaßnahmen zur Sicherstellung von Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit getätigt werden.

Nachdem die *Waldgruppe MH* erst in der Klimazukunft ausgedehnt auftreten könnte, werden Beschreibungen dazu vor allem darauf abgestimmt. Aktuelle Anpassungsmaßnahmen sind in der Weizklamm nicht erforderlich, aber eine genaue Beobachtung der Waldentwicklung ist empfohlen.

14.3.1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Resilienz

Waldgruppe MH

Beobachtung der Waldentwicklung in der Weizklamm. Auf Standorten, wo in der Klimazukunft die Standortseinheit MH34cg ausgewiesen wird, kann heute mit dem Etablieren von Baumarten aus dem Spektrum dieser Waldgruppe begonnen werden. Dazu ist vor allem Hopfenbuche zu nennen, es sind aber alle weiteren Mischbaumarten dieser Waldgruppe tauglich und somit in die Überlegungen einzubeziehen. Es handelt sich neben den heimischen Kiefernarten nur um Laubbaumarten. Die Hopfenbuche sollte auf wärmebegünstigten Standorten bereits heute etablierbar sein.

Waldgruppe Ews

Auf Standorten, wo in der Klimazukunft die *Waldgruppe Ews* ausgewiesen wird, ist empfohlen, die Waldentwicklung genau zu beobachten. Ein Monitoring ist dafür in jedem Fall sinnvoll. Die Waldentwicklung in dieser Waldgruppe ist spekulativ. Man muss sich darauf einstellen, dass aktuelle Hochwaldstrukturen langsam verschwinden und sich eine strauchartige Gehölzschicht aus Baum- und Straucharten einstellen könnte, ähnlich der Situation in manchen Gegenden Südeuropas. Es könnte sein, dass die höherwüchsigen Exemplare von Trauben-Eiche, Zerr-Eiche und anderen Baumarten mit der Zeit ausfallen. Der Bestandesschluss würde damit zunächst abnehmen. Wo sehr flachgründige und sonnenexponierte Standorte auftreten, könnten größere Lücken entstehen und frei von Gehölzen bleiben. Sinkt der Deckungsgrad der Gehölze unter 30 %, wäre der „Waldbestand" in der Eichenwaldsteppe angekommen. In Lücken könnten sehr trockenresistente Gehölze wie Wacholder aufkommen. Diese Entwicklung fluktuiert vermutlich im Laufe des Klimageschehens. Etwa können trockene Jahre Ausfälle bringen, zunächst vor allem bei Rot-Kiefer, später auch bei anderen höherwüchsigen Baumarten. Wenn niederschlagsreichere Jahre folgen, begünstigt dies wieder das Aufkommen von Verjüngung, die in Folge einen Buschwald bilden könnte. Auch das Auftreten von Kalamitäten (u.a. Waldbrand) kann diese Entwicklung beschleunigen.

Die *Waldgruppe Ews* ist folglich als sehr dynamische Einheit zu betrachten: alle möglichen trockentoleranten Baumarten sind denkbar und zu begünstigen, abgestorbene Bäume können vermutlich belassen werden (als Schattenspender, Biotopbäume). Die Eichenwaldsteppe (*Waldgruppe Ews*) ist nicht mit der Steppenwaldzone des Ostens gleichzusetzen, wo Wald nur noch auf grundwassernahen Standorten aufkommen kann und der Rest der Landschaft von Grassteppen geprägt wird.

(Text dieses Absatzes in Kooperation mit Franz Starlinger, Manfred Hotter und Ralf Klosterhuber)

14.3.2 Förderung der Anpassungsfähigkeit

Waldgruppe MH

In der Klimazukunft können Hopfenbuche und Manna-Esche die Standorte dominant bestocken. Als beigemischte Baumarten mit unterschiedlichen Mischungsanteilen sind Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Flaum-Eiche, Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Hainbuche, Mehlbeere, Eibe, Stechpalme, Buche und Fichte möglich. Daher wird empfohlen, schon jetzt auf Standorten, welche in der Klimazukunft der *Waldgruppe MH* angehören, die erwähnten Baumarten durch Pflegemaßnahmen (Mischungsregelung, Kronenpflege bei Samenbäumen) zu fördern beziehungsweise künstlich einzubringen.

Waldgruppe Ews

Förderung aller trockenheitstoleranter Baumarten und Straucharten der Liste und Beobachtung der Waldentwicklung auf Standorten, wo in der Klimazukunft die *Waldgruppe Ews* ausgewiesen wird:

Mögliche Baumarten: Flaum-Eiche, Zerr-Eiche, Stiel-Eiche, Trauben-Eiche, Feld-Ahorn, Feld-Ulme, Mehlbeere, Speierling, Elsbeere, Wild-Apfel, Wild-Birne

Mögliche Straucharten: Weißdornarten, Gelb-Hartriegel, Liguster, Filz-Schneeball, Warzen-Spindelstrauch, Rot-Hartriegel, Berberitze, Felsenkirsche, Filz-Steinmispel, Gewöhnlich-Steinmispel, Kreuzdorn, Schlehdorn, Wacholder, Ginsterarten (Letztere auf basenarmen Standorten).

15. Sonderwaldstandorte in der Steiermark

Übersicht der Sonderwaldstandorte in der Steiermark

Tabelle 15.1: Übersicht zu den Sonderwaldstandorten in der Steiermark; M… wurde flächig explizit modelliert; N…war nicht flächig explizit modellierbar.

Kürzel	**Langbezeichnung** (Kurzbezeichnung)	Modellier-status	Verbreitung
P	stark **P**seudovergleyte Standorte (Stauwasser)	M	**10.251 ha**
U	**U**ltrabasite, Serpentinit-Standorte (Serpentinite)	M	**2.609 ha**
A	**A**uwald-Standorte, im Nahbereich größerer Flüsse (Auen)	M	**9.223 ha**
W	**W**asserbeeinflusste Standorte: mehr als 10° Hangneigung (Wasserzug)	M	**5.605 ha**
N	**N**ass-Standorte: weniger als 10° Hangneigung (Vernässung)	M	**8.937 ha**
O	**O**rganische Standorte und Moore (Moore)	M	**3.078 ha**
L	**L**awinar- und Schneelagenstandorte (Schneelagen)	M	**18.037 ha**
K	**K**rummholz-Standorte (Krummholz)	M	**27.347 ha**
B	**B**lockwaldstandorte: von Gesteinsblöcken geprägt (Block)	N	**---**
R	**R**utschungsstandorte (Rutschung)	N	**---**
S	**S**chuttstandorte: durch Steinschlag oder Schutt (Schutt)	N	**---**

Modell der Sonderwaldstandorte in der Steiermark

Das Sonderwald-Standortsmodell dient zur Darstellung von speziellen standörtlichen Rahmenbedingungen, wie sie etwa durch organische Böden (Hochmoore oder Niedermoore), Auwald-Dynamik im Bereich größerer Flüsse und Bäche, Schneelagen-Standorte oder besonders basische Grundgesteine (Serpentinit-Standorte) gegeben sind. Das Sonderwald-Standortsmodell wird über das Hauptwald-Standortsmodell der Steiermark gelegt. Sollte auf einem gegebenen Standort das Sonderwald-Standortsmodell Bedingungen identifizieren, wie sie in Tabelle 15.1 dargelegt sind, so wird das Hauptwald-Standortsmodell vom Sonderwald-Standortsmodell überlagert. Deshalb gilt die Empfehlung, für einen gegebenen Waldstandort immer sowohl Hauptwald-Standortsmodell als auch Sonderwald-Standortsmodell abzufragen, um finale Klarheit über die Kategorie eines Waldstandortes zu erlangen. Nachfolgend werden die verschiedenen Kategorien von Sonderwaldstandorten entsprechend ihrer Bedeutung ausgeführt.

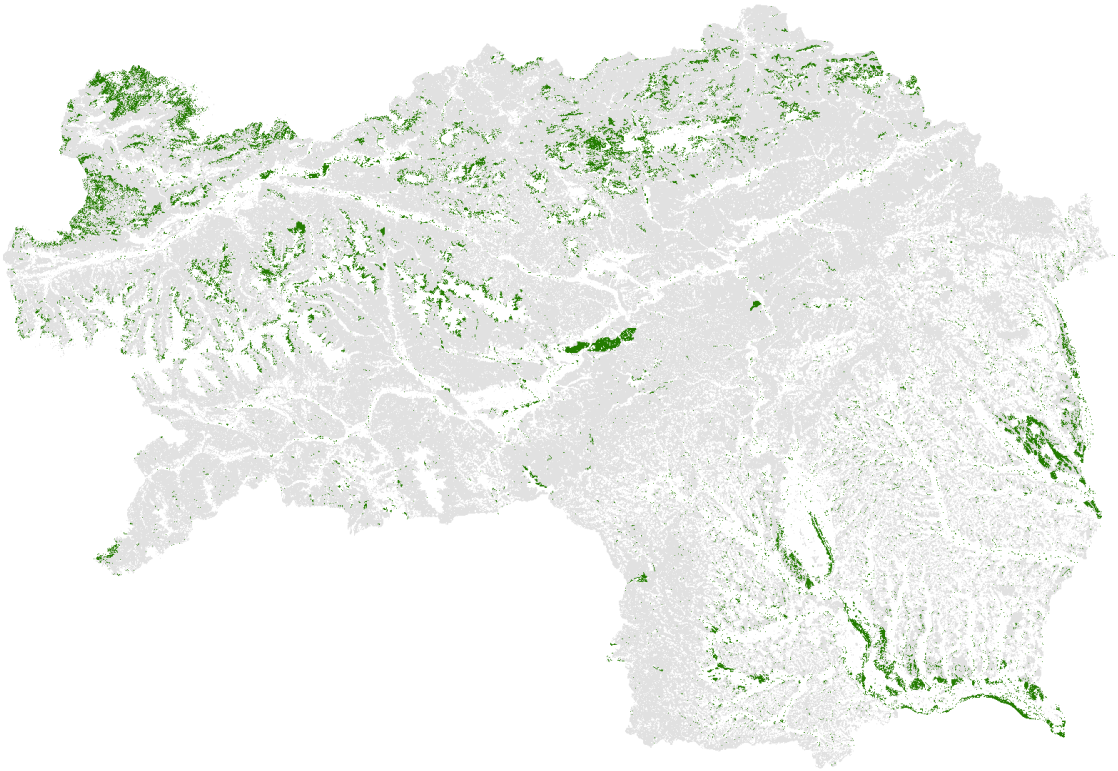


Abb. 15.1: Aktuelle Verbreitung der *Sonderwaldstandorte* in der Steiermark. Datenbasis: Sonderwald-Standortsmodell.

Die einzelnen Kategorien von Sonderwaldstandorten werden entsprechend ihrer Relevanz hinsichtlich ihrer Flächengröße in der Steiermark, ihren wirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten und ihrem waldbaulichen Handlungsspielraum dargestellt. Zuerst werden dabei jene Kategorien erläutert, in denen die Umsetzung von waldbaulichen Maßnahmen sinnvoll sein kann und danach werden jene Kategorien kurz erwähnt, welche nicht räumlich explizit modelliert werden konnten. Die Reihenfolge wurde entsprechend der Übersichtstabelle (Tab. 15.1) gewählt. Zuerst werden die flächig modellierte Sonderwaldstandorte beschrieben, danach die Sonderwaldstandorte welche nicht explizit in der Karte ausgewiesen sind. Die Beschreibung der charakteristischen Merkmale zu den Sonderwaldstandorten soll dazu beitragen, die Waldstandortseinheiten im Gelände besser erkennen zu können.

15.1 Stark Pseudovergleyte Standorte (Stauwasser)

in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone

Tabelle 15.2: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts Kategorie P, stark Pseudovergleyte Standorte*** in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
EH56rm_P	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	sehr frisch bis feucht	7.438 ha / 72,6 %
EIK56ue_P	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	sehr frisch bis feucht	528 ha / 5,2 %
EHb56rm_P	basenreich bis basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	sehr frisch bis feucht	2.284 ha / 22,3 %

Kurzcharakteristik

Verbreitung Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie P, stark Pseudovergleyte Standorte*** in der mäßig warmen bis sehr milden Laubwaldzone kommt auf 10.251 ha vor, was rund 0,9 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Die Standorte wurden auf Basis der klimatischen Zone, den Informationen zum Stauwasser und Grundwassereinfluss, der lithologischen Durchlässigkeit, der Wasserhaushaltsstufe und der Neigung ausgeschieden. Es sind diese meist Standorte im West- und Oststeirischen Hügelland und im unteren Murtal.

Baumartenspektrum Stiel-Eiche, Hainbuche, Winter-Linde, Schwarz-Erle, Esche, Birke, Rot-Kiefer, Tanne

Gastbaumarten Es gibt in dieser Sonderwaldstandorts-Kategorie keine geeigneten Gastbaumarten (aufgrund der stark pseudovergleyten Böden).

Erscheinungsbild Es sind von Stiel-Eiche dominierte, oft zweischichtige Mischwaldbestände vorherrschend. Sie stellen die aktuell am weitesten ausgedehnten Eichenbestände der Steiermark dar. Als beigemischte Baumarten kommen Winter-Linde, Schwarz-Erle, Esche, Birke und Rot-Kiefer vor. Vor allem in der milden Laubwaldzone kann Tanne auch mit höheren Mischungsanteilen auftreten. Die Stiel-Eiche ist die wichtigste Baumart, da sie mit ihrem Pfahlwurzelsystem staufeuchte Bodenhorizonte erschließen kann.

Beschreibung der stark pseudovergleyten Standorte (P)

Waldbestände: In der Steiermark sind die stark pseudovergleyten Standorte (Bodentypen: Pseudogley und Stagnogley) im Hügelland und im unteren Murtal jene Bereiche, wo aktuell von Eiche dominierte Waldbestände vorherrschen. Jene Standorte können im Wesentlichen nur von Stiel-Eiche und den charakteristischen Begleitbaumarten erschlossen werden. Stiel-Eiche hat mit ihrem Pfahlwurzelsystem die Fähigkeit, die schweren und staunassen Böden nachhaltig aufzuschließen. Auch Tanne ist dazu fähig, hat in diesen Waldvegetationszonen allerdings eine leicht geminderte Tauglichkeit. Trotzdem kann sie bestandesbildend auftreten. Die Stiel-Eiche bildet somit in der Regel die Oberschicht der Waldbestände, in der Mittelschicht treten die Begleitbaumarten auf, allen voran Hainbuche und die für die sehr frischen und feuchten Standorte charakteristische Schwarz-Erle. Darüber hinaus sind auch Winter-Linde, Esche, Birke und Rot-Kiefer vertreten, letztere vor allem auf der Standortseinheit EIK56ue_P (**Eichen-Kiefernwald-Standorte auf Pseudogley**). Die trotz der extremen Standortsbedingungen begründeten Fichtenreinbestände sind äußerst instabil, wegen der auf den staunassen Böden ausgeprägten Flachwurzeligkeit der Fichte und der damit verbundenen erhöhten Windwurfgefahr. Diese Bestände sind rasch in klimafitte Mischungstypen zu überführen.

Wärmehaushalt: Die *Sonderwaldstandorts-Kategorie P* erstreckt sich von der mäßig warmen Laubwaldzone bis zur milden Laubwaldzone. Es sind Bereiche, die sehr gut mit Wärme versorgt sind, sodass bereits in der Vergangenheit die Stiel-Eiche als dominante Baumart aufgetreten ist und weiterhin dominant bleiben wird.

Nährstoffe: Die Nährstoffversorgung für die Baumarten wird durch die verschiedenen Waldstandortseinheiten der *Sonderwaldstandorts-Kategorie P* angezeigt. Alle im Spektrum angeführten Baumarten können die stark pseudovergleyten Böden der jeweiligen geologischen Substrate erschließen. Die meisten Nährstoffvorräte sind auf den Waldstandortseinheiten EH56rm_P (**Eichen-Hainbuchenwald-Standorte auf Pseudogley**) und EHb56rm_P (**Balkan-Eichen-Hainbuchenwald-Standorte auf Pseudogley**) (das sind in beiden Fällen basenreiche bis basenhaltige Substrate) zu finden. Eher geringe Nährstoffversorgung zeigt die Einheit EIK56ue_P an (basenarme Standorte). Die Standortsunterschiede bezüglich der Nährstoffversorgung lassen sich an den Zeigerarten der Bodenvegetation und an den Wuchshöhen der Baumindividuen ablesen.

Wasserhaushalt am Standort: Die Wasserversorgung am Standort wird durch die *Wasserhaushaltsstufe* definiert. Jene wurde über die gesamte Steiermark homogen angesprochen und wird von Niederschlagsbilanz in der Vegetationsperiode, der Bodenwasser-Speicherkapazität (nWSK), Relief, Exposition und Seehöhe bestimmt. Die Waldstandortseinheiten der *Sonderwaldstandorts-Kategorie P* sind durch die Wasserhaushaltsstufen 5 und 6 (sehr frisch und feucht) gekennzeichnet. Aufgrund der Höhenlage und der relativen Niederschlagsarmut in der mäßig warmen Laubwaldzone bis zur milden Laubwaldzone ist das Auftreten dieser Wasserhaushaltsstufen ausschließlich auf die staufeuchten Böden (Pseudogley und Stagnogley) zurückzuführen.

Bodentypen: Die charakteristischen Bodentypen in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie P* sind Pseudogleye und Stagnogleye. Es sind durch Staunässe gekennzeichneten Bodenbildungen, welche die spezifischen Standortsbedingungen von *P* hervorbringen.

Waldbau: Zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände können innerhalb der *Sonderwaldstandorts-Kategorie P* klimafitte Mischungstypen vorgeschlagen werden, welche bereits heute und auch in der Klimazukunft eine hohe Baumarteneignung aufweisen. In der *Sonderwaldstandorts-Kategorie P* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen unterschiedlich. Besonders die bereits heute seltenen, reinen Nadelbaumbestände werden in der Klimazukunft unter den veränderten Rahmenbedingungen einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein. Die von Stiel-Eiche dominierten Waldbestände können mit den passenden Mischbaumarten hingegen durch eine auf die Wertholzproduktion ausgerichtete Eichenbewirtschaftung gut erhalten werden.

Das Produktionsziel einer klassischen Eichenbewirtschaftung ist die Schaffung von stabilen und vitalen zweischichtigen Beständen. Die Stiel-Eichen sollten dabei in der Oberschicht mit einer Überschirmung von 60-80 % vorhanden sein und kleinkronige, stammzahlreiche Füllhölzer in der Mittel- bis Unterschicht. Als Bestockungsziel könnten 6-8/10 Stiel-Eiche und 2-4/10 Füllhölzer angestrebt werden, mit einer Kronenbreite der Stiel-Eiche im Endbestand von ca. 11 m. Durch die kontinuierliche Kronenpflege soll ein gleichmäßiger Jahrringaufbau verwirklicht werden und ca. 70 Bäume im Endbestand angestrebt werden. Die Z-Bäume sollen aus generativer Vermehrung stammen, einen dominierenden Leittrieb haben, keine Schaftschäden aufweisen, einen kreisförmigen Querschnitt besitzen, sowie geradschaftig und feinastig sein. Weiters sollen sie eine gute Kronenform besitzen, welche auf eine gute Vitalität schließen lässt. Dadurch versucht man zu gewährleisten, dass die Wertträger auch den Endbestand erreichen und die Ausfallquote minimiert wird. Die Wertträger sollen der Oberschicht angehören, jedoch sollen sie nicht vorwüchsig oder zurückbleibend sein, da diese Bäume einerseits dazu tendieren, Starkäste auszubilden und andererseits eine erhöhte Gefahr der Wasserreiserbildung aufweisen.

Auf dem sehr frischen oder feuchten Standort der *Waldgruppe EIK* (EIK56ue_P) ist Stiel-Eiche die einzige der Eichenarten, welche mit den Standortsbedingungen zurechtkommen kann und daher von zentraler Bedeutung. Gemeinsam mit Rot-Kiefer und Schwarz-Erle kann eine verbesserte Anpassungsfähigkeit im Klimawandel erbracht werden. Stiel-Eiche bringt Stabilität gegenüber Sturm (Pfahlwurzel) und erschließt die Nährstoffvorräte in tiefliegenden Bodenschichten. Rot-Kiefer bereichert mit Schwarz-Erle das Spektrum der Baumarten auf diesen Standorten und erhöht somit die Resilienz.

Die Standortseinheit EH56rm_P ist in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie P* am weitesten verbreitet und bezeichnet staunasse Standorte (Pseudogley- oder Stagnogley-Bodenbildungen auf basenreichen bis mäßig basenhaltigen Standorten). Um diese Standorte stabil bestocken zu können, ist wiederum Stiel-Eiche am besten geeignet. Gemeinsam mit Hainbuche und Winter-Linde werden die Standorte im Klimawandel stabil bestockt. Auch die Mischung von Stiel-Eiche, Hainbuche und Esche ist geeignet, eine stabile Bestockung zu erbringen (nicht für EIK56ue_P). Die staunassen Böden werden speziell von Stiel-Eiche stabil erschlossen, Hainbuche und Esche sind ebenfalls von Bedeutung. Dabei ist das hohe Ausfallsrisiko der Esche zu beachten, zukünftig sollten nur gegen das Eschensterben resistente Individuen gepflanzt werden. Für die Erzielung von Stiel-Eichen- Wertholz sei auf die oben beschriebene Waldbautechnik verwiesen.

15.2 Ultrabasite, Serpentinit-Standorte

in der milden Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone

Tabelle 15.3: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie U, Ultrabasite, Serpentinit-Standorte*** in der milden Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaus-halt	Verbreitung
KI234gr_U	basengesättigt bis basenreich	Ultrabasite, meist Serpentinit-Gestein	mäßig trocken bis frisch	2.004 ha / 76,8 %
FTK5gr_U	basengesättigt bis basenreich	Ultrabasite, meist Serpentinit-Gestein	sehr frisch	165 ha / 6,3 %
FT345gr_U	basengesättigt bis basenreich	Ultrabasite, meist Serpentinit-Gestein	mäßig frisch bis sehr frisch	242 ha / 9,3 %
FZ345gr_U	basengesättigt bis basenreich	Ultrabasite, meist Serpentinit-Gestein	mäßig frisch bis sehr frisch	199 ha / 7,6 %

Kurzcharakteristik

Verbreitung

Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie U, Ultrabasite, Serpentinit-Standorte*** in der milden Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone kommt auf 2.609 ha vor, was rund 0,2 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Sämtliche Standorte, die entweder in der Festgesteinskarte oder in der Lockergesteinskarte ein ultrabasisches chemisches Ausgangssubstrat aufweisen, sind hier zusammengefasst worden. Serpentinit ist aus der Umwandlung ultrabasischer und basischer Gesteine unter hohem Druck und Temperatur, insbesondere bei gebirgsbildenden Vorgängen, entstanden. Solche Standorte treten im Nahbereich von Kraubath (Gulsen, etc.), in den Triebener Tauern und weiteren Bereichen in den Niederen Tauern auf. Die weite Höhenerstreckung bewirkt völlig unterschiedliche Charakteristika der Waldstandortseinheiten.

Baumartenspektrum

KI: Rot-Kiefer dominant; Fichte, Lärche, Tanne, Birke, Vogelbeere, Mehlbeere

FTK: Fichte und Tanne dominant; Rot-Kiefer, Lärche, Birke, Vogelbeere

FT: Fichte und Tanne dominant; Lärche, Vogelbeere, Berg-Ahorn

FZ: Lärche dominant; Zirbe, Fichte, Vogelbeere

Gastbaumarten:

Es können in dieser Sonderwaldstandorts-Kategorie keine geeigneten Gastbaumarten genannt werden, weil deren Wuchsverhalten auf Ultrabasiten (Serpentinit) nicht vollständig geklärt ist.

Erscheinungsbild

In der *Sonderwaldstandorts-Kategorie U* sind diverse Waldbestands-Strukturen ausgebildet. Das liegt an den extrem unterschiedlichen Standortsbedingungen. Deshalb werden die verschiedenen Erscheinungsbilder der Waldbestände nachfolgend separat beschrieben.

Beschreibung der Ultrabasite, Serpentinit-Standorte (U)

Waldbestände: Aufgrund der unterschiedlichen Standortsbedingungen werden sämtliche Waldstandortseinheiten der *Sonderwaldstandorts-Kategorie U* detailliert beschrieben. Es gibt für alle Waldstandortseinheiten nur eine Gemeinsamkeit, nämlich, dass die Wüchsigkeit der Waldbestände aufgrund der langsam verwitternden Gesteine und der daraus folgenden geringmächtigen Bodenbildungen nur gering ist. Die damit verbundene **Nährstoffversorgung** kann so charakterisiert werden, dass die Serpentinite zwar nährstoffreich sind (Ultrabasite, extrem basenreich, Gesteine bestehen mehrheitlich aus Eisen-Magnesium-Mineralien), aber so langsam verwittern, dass sich nur geringmächtige Böden darauf entwickeln.

KI234gr_U - Kiefernwald-Standorte auf Ultrabasiten: In der Steiermark ist der Rot-Kiefernwald auf Ultrabasit-Standorten (Serpentinit) der am weitesten verbreitete Kiefernwald-Standort. Er nimmt aktuell 2.004 ha ein und ist somit auch in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie U* mit 76,8 % Flächenanteil die wichtigste Waldstandortseinheit. Charakteristisch ist die Dominanz von Rot-Kiefer (z.B. Standorte auf und im Nahbereich der Gulsen bei Kraubath). Die Rot-Kiefer kann die Böden auf den nur langsam verwitternden Serpentinit-Gesteinen am besten erschließen. Dennoch ist zu betonen, dass die Baumarten Fichte, Lärche, Tanne, Birke, Vogelbeere und Mehlbeere immer wieder beigemischt auftreten können.

Waldvegetationszonen: milde Laubwaldzone bis kühle Mischwaldzone

Wasserhaushaltsstufen: mäßig trocken bis frisch

Bodentypen: Ranker, Braunerde, Rohböden

FTK5gr_U - Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte auf Ultrabasiten: Diese Waldstandortseinheit nimmt in der Steiermark aktuell 165 ha ein und ist nur sehr gering verbreitet. Die geringwüchsigen Waldbestände werden von Fichte und Tanne dominiert, Rot-Kiefer und Lärche treten beigemischt auf und Birke ist vereinzelt zu finden.

Waldvegetationszonen: milde Laubwaldzone bis kühle Mischwaldzone

Wasserhaushaltsstufe: sehr frisch

Bodentypen: Ranker, Braunerde

FT345gr_U - Fichten-Tannenwald-Standorte auf Ultrabasiten: Diese Waldstandortseinheit nimmt in der Steiermark aktuell 242 ha ein und ist folglich nur relativ gering verbreitet. Die Baumarten Fichte und Tanne sind dominant, beigemischt treten auch Lärche und vereinzelt Vogelbeere auf.

Waldvegetationszonen: kühle Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Wasserhaushaltsstufen: mäßig frisch bis sehr frisch

Bodentypen: Ranker, Braunerde, Rohböden

FZ345gr_U - Fichten-Zirbenwald-Standorte auf Ultrabasiten: Die Waldbestände auf dieser Waldstandortseinheit sind durch die Dominanz von Lärche gekennzeichnet. Beigemischt treten auch Zirbe und Fichte auf. Bis zur kalten Nadelwaldzone ist auch vereinzelt Vogelbeere zu finden. Die Waldstandortseinheit nimmt in der Steiermark aktuell 199 ha ein.

Waldvegetationszonen: mäßig kalte Nadelwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

Wasserhaushaltsstufen: mäßig frisch bis sehr frisch

Bodentypen: Ranker, Braunerde, Rohböden

Waldbau: Zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit, Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Waldbestände innerhalb der *Sonderwaldstandorts-Kategorie U* werden „klimafitte Mischungstypen" vorgeschlagen, welche bereits heute und auch in der Klimazukunft eine hohe Baumarteneignung aufweisen. In den *Sonderwaldstandorts-Kategorie U* ist der Anpassungsdruck aufgrund des Klimawandels, in Abhängigkeit von den aktuell stockenden Waldbeständen, gegeben. Ein Abweichen eines Waldbestandes vom definierten klimafitten Mischungstyp innerhalb einer Waldstandortseinheit weist auf die Notwendigkeit von Anpassungsmaßnahmen hin.

KI234gr_U: Rot-Kiefer als dominante Baumart, Lärche und Mehlbeere beigemischt – das ist eine mögliche Option für einen klimafitten Mischungstyp innerhalb der genannten Sonderwaldstandortseinheit.

Rot-Kiefer als dominante Baumart, Fichte und Birke beigemischt – das ist eine weitere Option für einen klimafitten Mischungstyp innerhalb der genannten Sonderwaldstandortseinheit.

Für die von Rot-Kiefer dominierten Waldbestände ist es wesentlich, bereits im Dickungsstadium stark zu durchforsten, um die Entwicklung von großen Kronen bei Rot-Kiefer zu ermöglichen. Nur in der Jugend ist es bei den Kiefernarten möglich, diese angestrebte Großkronigkeit zu erzielen, welche nachfolgend die Grundlage für vitales Wachstum und Umsetzungsfähigkeit der Baumindividuen darstellt. Darüber hinaus ist die erfolgreiche Naturverjüngungsdynamik mittels Sicherstellung von waldökologisch tragfähigen Schalenwildbeständen zu garantieren.

FTK5gr_U: Fichte und Tanne zu gleichen Anteilen dominant mit einer Beimischung von Lärche oder Rot-Kiefer und Birke stellen für die Sonderwaldstandortseinheit FTK5gr_U einen klimafitten Mischungstyp dar.

FT345gr_U: Fichte und Tanne zu gleichen Mischungsanteilen mit Berg-Ahorn als beigemischter Baumart bilden in der genannten Sonderwaldstandortseinheit einen klimafitten Mischungstyp. Fichte, Tanne und Lärche zu gleichen Mischungsanteilen mit Vogelbeere als beigemischter Baumart bilden in der genannten Sonderwaldstandortseinheit einen weiteren klimafitten Mischungstyp.

FZ345gr_U:

Die Mischung von Lärche als dominanter Baumart und Zirbe beigemischt bildet in der genannten Sonderwaldstandortseinheit einen klimafitten Mischungstyp.

Die Mischung von Lärche als dominanter Baumart und Zirbe mit Fichte als beigemischten Arten bildet in der genannten Sonderwaldstandortseinheit einen weiteren klimafitten Mischungstyp.

15.3 Auwald-Standorte (Auen)
in der mäßig warmen Laubwaldzone bis mäßig kühlen Mischwaldzone

Tabelle 15.4: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie A, A****uwald-Standorte* in der mäßig warmen Laubwaldzone bis mäßig kühlen Mischwaldzone.

Standortseinheit	Basenklasse	Substrat	Wasser-haushalt	Verbreitung
WEI/SE/EIE4567cg_A	carbonatisch und basengesättigt	Karbonatisch: Graue Auböden, Braune Auböden und Augleye	frisch bis nass	444 ha / 4,8 %
WEI/SE/EIE4567rm_A	basenreich und mäßig basenhaltig	Silikatisch: Graue Auböden, Braune Auböden und Augleye	frisch bis nass	6.927 ha / 75,1 %
WEI/GE/SE/AE4567cg_A	carbonatisch und basengesättigt	Karbonatisch: Graue Auböden und Schwemm-Böden mit Feinsandauflage	frisch bis nass	923 ha / 10,0 %
WEI/GE/SE/AE567rm_A	basenreich und mäßig basenhaltig	Silikatisch: Rohauböden, Schwemmböden mit und ohne Feinsandauflage	frisch bis nass	630 ha / 6,8 %
WEI/GE4567cg_A	carbonatisch und basengesättigt	Karbonatisch: Rohauböden und Schwemmböden	frisch bis nass	76 ha / 0,8 %
GE567rm_A	basenreich und mäßig basenhaltig	Silikatisch: Gering entwickelte Böden auf Kies mit Feinsand-Auflage	frisch bis nass	222 ha / 2,4 %

Kurzcharakteristik

Verbreitung

Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie A, Auwald-Standorte*** in der mäßig warmen Laubwaldzone bis mäßig kühlen Mischwaldzone kommt auf 9.223 ha vor, was rund 0,9 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Auwald-Standorte wurden auf Basis der in der geologischen Karte ausgewiesenen Auzonen, anhand der Informationen zur Staunässe, der Wasserhaushaltsstufe und der Neigung definiert. Es sind Standorte im Nahbereich von Flüssen und Bächen der Steiermark, wo durch die Dynamik des periodischen Überflutens und durch den Einfluss der Grundwasser-Begleitströme Auwald-Böden entstanden sind. Die Charakteristik der Auwald-Standorte verändert sich mit der Höhenlage, also mit der Waldvegetationszone (WVZ). Die größten Auwaldflächen befinden sich unterhalb von Graz an der Mur, wenngleich sie überall an den Flüssen und Bächen der Steiermark zu finden sind.

Erscheinungsbild

In der *Sonderwaldstandorts-Kategorie A* sind diverse Waldbestands-Strukturen ausgebildet, was an den unterschiedlichen Standortsbedingungen in den verschiedenen Waldvegetationszonen liegt.

Beschreibung der Auwald-Standorte (A)

Waldbestände: Aufgrund der unterschiedlichen Standortsbedingungen werden sämtliche Waldstandortseinheiten der *Sonderwaldstandorts-Kategorie A* separat beschrieben. Es gibt für alle Waldstandortseinheiten der Auwälder nur eine Gemeinsamkeit, nämlich, dass die Bodenbildung durch die periodischen Überschwemmungen überprägt wird und die stockenden Baumarten über Grundwassereinfluss (Grundwasser-Begleitströme der Flüsse und Bäche) verfügen können, was eine gute Wasserversorgung ermöglicht. Durch die mit dem Wasser verbundene Dynamik können vielfältige Lebensbedingungen für verschiedene Pflanzen und Tiere entstehen, was die Auwälder zu sehr artenreichen Lebensgemeinschaften macht. Durch die verschiedenen Sedimentationsprozesse in der Au kann es auf kleiner Fläche auch zu deutlichen Wuchsunterschieden bei den Baumarten kommen, da häufig ein kleinflächiges Mosaik an unterschiedlichen Standortsbedingungen vorherrscht.

Zu beachten ist, dass im Sonderwald-Standortsmodell keine Unterscheidung zwischen „Harter Au“ (Stiel-Eiche und Esche) und „Weicher Au“ (Weidenarten, Pappelarten, Schwarz-Erle) möglich gewesen ist. Dadurch wurden jeweils Komplexe gebildet, die nur hinsichtlich der textlichen Beschreibung unterschieden werden können (siehe unten). Auf der Karte ist die Unterscheidung zwischen harter und weicher Au nicht möglich. Diese Unterscheidung ist allerdings wichtig, um die für den jeweiligen Standort passende Baumartenmischung und Waldbaustrategie anwenden zu können. Aufgrund von Regulierung und Kraftwerksbauten fehlt heute schon an vielen Flüssen die für die Auwälder so wichtige Dynamik. Die Weiche Au befindet sich unmittelbar entlang der regulierten Flüsse, weshalb das Erscheinungsbild und ihre Entstehung auch eng an die natürliche Dynamik der Flüsse gebunden sind. Es ist zu beobachten, dass sich die Weichholzauen mit der Zeit daher zu Hartholzauen entwickeln.

Die Naturverjüngung ist in der Weichen Au meist nur bei den wirtschaftlich eher uninteressanten Baumarten wie der Silber-Weide oder der Silber-Pappel möglich (Tiefenbacher 2017). Wirtschaftlich interessante Baumarten müssen hier meist über Pflanzung eingebracht werden. In der Harten Au hingegen ist das Arbeiten mit Naturverjüngung prinzipiell möglich (Kühne et al. 2005). Das Einbringen von Baumarten durch Kunstverjüngung ist bei vielen Forstbetrieben eine wichtige wertsteigernde Maßnahme. Dabei haben sich auch unterschiedliche Strategien bei der Wahl der Pflanzengrößen, bei der Flächenvorbereitung (Mulchen, Grubbern), bei der Pflanzung, beim Pflanzverband oder der Pflanzweite etabliert, welche sich auf den Pflegeaufwand auswirken (FNR 2021). Das Vorkommen von Bibern kann die Auswahl von bestimmten Baumarten und Baumindividuen in Gewässernähe im Rahmen von Waldpflegemaßnahmen reduzieren, da diese als Fress- und Baumaterial oft bevorzugt werden (Allgöwer 2005). Darauf ist bei Auslesedurchforstungen generell Rücksicht zu nehmen.

WEI/SE/EIE4567cg_A: Weiden, Schwarz-Erlen- Eschen und Stiel-Eichen- Eschen Karbonat - Auwaldkomplex

Diese Waldstandortseinheit ist in den tiefergelegenen Bereichen der Steiermark ausgebildet, wo karbonatische Gesteine die Bildung der Auwaldstandorte dominieren (Tab. 15.4).

WEI: **Silber-Weiden- Auwald**

Regelmäßig überschwemmte Standorte im Uferbereich von Auen (Weiche Au).

Böden: Kaum entwickelte Böden – Rohauboden und Grauer Auboden; vorwiegend karbonatisches Material (Kalke und Dolomite)

Baumarten: Silber-Weide dominant; vereinzelt Grau-Erle, Silber-Pappel, Trauben-Kirsche, Purpur-Weide, Mandel-Weide

Gastbaumarten: Eventuell Hybrid-Pappel - Arten

Waldbau: Silber-Weide und alle weiteren Mischbaumarten erhalten bzw. waldbaulich fördern. Kleinflächige Eingriffe sind als Verjüngungsverfahren zu empfehlen (Femelhiebe oder Lochhiebe). Augenmerk ist auf die Dominanz von Kernwüchsen zu legen (generative Verjüngung der Baumarten fördern). Der Jungwuchs ist aufgrund der teilweise intensiven Konkurrenzvegetation gezielt zu pflegen. Die Pflanzung von Hydrid-Pappeln ist nur bei positiver Erfahrung in lokal höher gelegenen Bereichen zu empfehlen.

SE: **Schwarz-Erlen- Eschen- Auwald**

Unterschiedliche Auenwälder, aber meist regelmäßig überschwemmte Standorte im Überflutungsbereich von Auen, einschließlich jener Standorte, wo durch Grundwasseranschluss ganzjährig gut durchfeuchtete "Flutmulden" von Auen bestehen (Weiche Au).

Böden: Gering entwickelte bzw. grundwassergeprägte Böden: Grauer Auboden, Augley; vorwiegend karbonatisches Material (Kalke und Dolomite)

Baumarten: Schwarz-Erle und Esche dominant; Grau-Erle, Trauben-Kirsche, Silber-Weide und Stiel-Eiche beigemischt

Gastbaumarten: Eventuell Hybrid-Pappel - Arten und Schwarz-Nuss

Waldbau: Vor allem Schwarz-Erle kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung konsequent zu pflegen. Vitale Eschen können im Falle des Vorliegens von resistenten Bäumen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls als Baumart mit Wertholzpotenzial gepflegt und gefördert werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Kleinflächige Verjüngungsverfahren wie Femelhiebe und Lochhiebe sind geeignet.

EIE: Stiel-Eichen- Ulmen- Eschen- Auwald

Nicht mehr überschwemmte oder nur selten überschwemmte Standorte in den Auen (Harte Au).

Böden: Meist weiter entwickelte, das heißt bereits verlehmte/verbraunte Böden aus vorwiegend karbonatischem Ursprung: Brauner Auboden

Baumarten: Stiel-Eiche und Esche sind dominant; beigemischt treten Flatter-Ulme, Feld-Ulme, Winter-Linde und Schwarz-Erle auf; vereinzelt sind auch Silber-Pappel, Schwarz-Pappel, Grau-Erle, Trauben-Kirsche, Vogel-Kirsche und Hainbuche anzutreffen

Gastbaumarten: Eventuell Schwarz-Nuss

Waldbau: Vor allem Stiel-Eiche kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu fördern. Im Zuge der Verjüngungsverfahren ist auf ausreichend Lichtgenuss für Stiel-Eiche zu achten. Daher ist die Ausformung von Lochhieben größer zu dimensionieren, Kleinkahlhiebe sind eine weitere Option. Von Femelhieben ist in diesen Auwaldbereichen abzuraten. Wiederum ist Augenmerk darauf zu legen, vor allem Kernwüchse (generative Verjüngung) zu fördern. Wertsteigernde Maßnahmen wie der Formschnitt oder später die Astung bei Z-Bäumen sind zu empfehlen.

WEI/SE/EIE4567rm_A: Weiden, Schwarz-Erlen- Eschen und Stiel-Eichen- Eschen Silikat - Auwaldkomplex

In den tiefergelegenen Bereichen der Steiermark, wo silikatische Gesteine die Bildung der Auwaldstandorte dominieren, ist diese Waldstandortseinheit ausgebildet. Es ist die großflächigste Waldstandortseinheit der Auenwälder und umfasst mehr als 75 % der gesamten Auenwald-Standorte (Tab. 15.4). Vor allem die großen Auenwälder an der Mur südlich von Graz gehören dieser Standortseinheit an. Aufgrund der Dominanz der silikatischen und basenreichen bis mäßig basenversorgten Substrate ist die Wüchsigkeit der Waldbestände als sehr hoch einzuordnen.

WEI: Silber-Weiden- Auwald

Es handelt sich in diesem Fall um regelmäßig überschwemmte Standorte im Uferbereich von Auen (Weiche Au).

Böden: Kaum entwickelte Böden: Rohauboden und Grauer Auboden; vorwiegend silikatisches Material

Baumarten: Bruch-Weide und Silber-Weide dominant; vereinzelt Grau-Erle, Schwarz-Erle, Silber-Pappel, Trauben-Kirsche, Purpur-Weide, Mandel-Weide

Gastbaumarten: Eventuell Hybrid-Pappelarten

Waldbau: Bruch-Weide und Silber-Weide waldbaulich fördern, alle weiteren Mischbaumarten erhalten bzw. fördern. Kleinflächige Eingriffe als Verjüngungsverfahren vorziehen (Femelhiebe oder Lochhiebe). Augenmerk auf die Dominanz von Kernwüchsen legen (generative Verjüngung der Baumarten fördern). Der Jungwuchs ist aufgrund der teilweise intensiven Konkurrenzvegetation gezielt zu pflegen. Die Pflanzung von Hybrid-Pappeln ist nur bei positiver Erfahrung in lokalen Bereichen zu empfehlen.

SE: Schwarz-Erlen- Eschen- Auwald

Unterschiedliche Auenwälder, aber meist regelmäßig überschwemmte Standorte im Überflutungsbereich von Auen, einschließlich jener Standorte, wo durch Grundwasseranschluss ganzjährig gut durchfeuchtete "Flutmulden" von Auen bestehen (Weiche Au).

Böden: Gering entwickelte bzw. grundwassergeprägte Böden: Grauer Auboden, Augley; vorwiegend silikatisches Material

Baumarten: Schwarz-Erle und Esche dominant; Grau-Erle, Trauben-Kirsche, Silber-Weide und Stiel-Eiche beigemischt

Gastbaumarten: Eventuell Hybrid-Pappel-Arten und Schwarz-Nuss

Waldbau: Vor allem Schwarz-Erle kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung konsequent zu pflegen. Vitale Eschen können im Falle des Vorliegens von resistenten Bäumen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls als Baumart mit Wertholzpotenzial gepflegt und gefördert werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung zu erhalten. Taugliche kleinflächige Verjüngungsverfahren sind Saumschläge, Femelhiebe und Lochhiebe.

EIE: Stiel-Eichen- Ulmen- Eschen- Auwald

Nicht mehr überschwemmte oder nur selten überschwemmte Standorte in den Auen (Harte Au).

Böden: Meist weiter entwickelte, das heißt bereits verlehmte/verbraunte Böden aus vorwiegend silikatischem Ursprung: Brauner Auboden

Baumarten: Stiel-Eiche und Esche sind dominant; beigemischt treten Flatter-Ulme, Feld-Ulme, Winter-Linde und Schwarz-Erle auf; vereinzelt sind auch Silber-Pappel, Schwarz-Pappel, Grau-Erle, Trauben-Kirsche, Vogel-Kirsche und Hainbuche anzutreffen

Gastbaumarten: Eventuell Schwarz-Nuss

Waldbau: Vor allem Stiel-Eiche kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu fördern. Im Zuge der Verjüngungsverfahren ist auf ausreichend Lichtgenuss für Stiel-Eiche zu achten. Daher ist die Ausformung von Lochhieben größer zu dimensionieren, Kleinkahlhiebe sind eine weitere Option. Augenmerk ist vor allem auf Kernwüchse (generative Verjüngung) zu legen. Wertsteigernde Maßnahmen wie der Formschnitt oder später die Astung bei Z-Bäumen sind zu empfehlen. Die Wüchsigkeit der Waldbestände ist im Allgemeinen hoch.

WEI/GE/SE/AE4567cg_A: Weiden, Grau-Erlen, Schwarz-Erlen- Eschen und Berg-Ahorn-Eschen Karbonat - Auwaldkomplex

In den höhergelegenen Bereichen der Steiermark (mäßig kühle Mischwaldzone), also an den Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen mit dominant karbonatischen Ausgangsgesteinen für die Substratbildung, ist diese Waldstandortseinheit ausgebildet. Es ist mit 10 % Flächenanteil die zweitgrößte Auwald-Standortseinheit in der Steiermark (Tab. 15.4).

WEI: Silber-Weiden- Auwald

Es handelt sich in diesem Fall um regelmäßig überschwemmte Standorte im Uferbereich von Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen (Weiche Au).

Böden: Kaum entwickelte Böden auf gröberem Material (Kies) ohne Feinsandauflage: Rohauboden, Grauer Auboden und Schwemmboden; vorwiegend karbonatisches Material.

Baumarten: Silber-Weide dominant; vereinzelt Grau-Erle, Trauben-Kirsche, Lavendel-Weide, Purpur-Weide, Mandel-Weide

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen

Waldbau: Silber-Weide waldbaulich fördern, alle weiteren Mischbaumarten erhalten bzw. fördern. Kleinflächige Eingriffe als Verjüngungsverfahren vorziehen (Einzelbaumentnahmen, Femelhiebe oder Lochhiebe). Augenmerk auf die Dominanz von Kernwüchsen legen (generative Verjüngung der Baumarten fördern).

GE: Grau-Erlen- Auwald

Weniger regelmäßig und weniger intensiv überschwemmte Standorte im Überflutungsbereich von Gebirgsflüssen und Gebirgsbächen (Weiche Au).

Böden: Gering entwickelte Böden auf Kies mit Feinsandauflage: Grauer Auboden und Schwemmboden; vorwiegend karbonatisches Material

Baumarten: Grau-Erle dominant; Esche beigemischt; Silber-Weide, Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Fichte vereinzelt

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen

Waldbau: Vor allem Grau-Erle kann waldbaulich gefördert werden (regional wichtige Baumart für die Brennholzgewinnung). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu pflegen. Vitale Eschen können im Falle des Vorliegens von resistenten Bäumen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls als Baumart mit Wertholzpotenzial gepflegt und gefördert werden. Auch Berg-Ahorn bietet Wertholzpotenzial. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Kleinflächige Verjüngungsverfahren wie Lochhiebe sind möglich.

SE: Schwarz-Erlen- Eschen- Auwald

Oft kleinflächig ausgebildete, durch Grundwasseranschluss ganzjährig gut durchfeuchtete Standorte von Auen, "Flutmulden" (Weiche Au).

Böden: Gering bis weiter entwickelte, jedenfalls grundwassergeprägte Böden: Augley, Anmoor; vorwiegend karbonatisches Material

Baumarten: Esche und Schwarz-Erle sind dominant; vereinzelt treten Trauben-Kirsche und Stiel-Eiche auf.

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen

Waldbau: Vor allem Schwarz-Erle kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu fördern. Vitale Eschen können im Falle des Vorliegens von resistenten Bäumen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls als Baumart mit Wertholzpotenzial gepflegt und gefördert werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Taugliche kleinflächige Verjüngungsverfahren sind Femelhiebe oder Lochhiebe.

AE: Berg-Ahorn- Eschen- Auwald

Nicht mehr oder nur selten überschwemmte Standorte der Auen (Harte Au).

Böden: Meist weiter entwickelte, das heißt bereits verlehmte oder verbraunte Böden: Brauner Auboden; vorwiegend karbonatisches Material

Baumarten: Berg-Ahorn und Esche sind dominant; beigemischt treten Grau-Erle, Berg-Ulme und Sommer-Linde auf; vereinzelt sind Trauben-Kirsche, Vogel-Kirsche, Stiel-Eiche, Winter-Linde, Buche und Fichte anzutreffen.

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen.

Waldbau: Vor allem Berg-Ahorn kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu fördern. Im Zuge der Verjüngungsverfahren ist auf ausreichend Lichtgenuss für Stiel-Eiche zu achten. Daher ist die Ausformung von Lochhieben größer zu dimensionieren, Kleinkahlhiebe sind eine weitere Option. Wiederum ist Augenmerk darauf zu legen, vor allem Kernwüchse (generative Verjüngung) zu fördern. Wertsteigernde Maßnahmen wie der Formschnitt oder später die Astung bei Z-Bäumen sind zu empfehlen. Vitale Eschen können im Falle des Vorliegens von resistenten Bäumen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls als Baumart mit Wertholzpotenzial gepflegt und gefördert werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Tauglich sind kleinflächige Verjüngungsverfahren.

WEI/GE/SE/AE567rm_A: Weiden, Grau-Erlen, Schwarz-Erlen- Eschen und Berg-Ahorn-Eschen Silikat - Auwaldkomplex

Diese Waldstandortseinheit ist in den höhergelegenen Bereichen der Steiermark (mäßig kühle Mischwaldzone) ausgebildet, also an den Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen mit dominant silikatischen Ausgangsgesteinen für die Substratbildung. Es ist mit 6,8 % Flächenanteil die drittgrößte Auwald-Standortseinheit in der Steiermark (Tab. 15.4).

WEI: Silber-Weiden- Auwald

Es handelt sich um regelmäßig überschwemmte Standorte im Uferbereich von Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen (Weiche Au).

Böden: Kaum entwickelte Böden auf gröberem Material (Kies) ohne Feinsandauflage: Rohauboden, Grauer Auboden und Schwemmboden; vorwiegend silikatisches Material

Baumarten: Silber-Weide und Bruch-Weide dominant; vereinzelt Grau-Erle, Schwarz-Erle, Trauben-Kirsche, Purpur-Weide, Mandel-Weide

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen.

Waldbau: Silber-Weide und Bruch-Weide waldbaulich fördern, alle weiteren Mischbaumarten erhalten beziehungsweise fördern. Kleinflächige Eingriffe sind als Verjüngungsverfahren vorzuziehen (Lochhiebe). Augenmerk auf die Dominanz von Kernwüchsen legen (generative Verjüngung der Baumarten fördern). Der Jungwuchs ist aufgrund der teilweise intensiven Konkurrenzvegetation gezielt zu pflegen.

GE: Grau-Erlen- Auwald

Weniger regelmäßig und weniger intensiv überschwemmte Standorte im Überflutungsbereich von Gebirgsflüssen und Gebirgsbächen (Weiche Au).

Böden: Gering entwickelte Böden auf Kies mit Feinsandauflage: Grauer Auboden und Schwemmboden; vorwiegend silikatisches Material

Baumarten: Grau-Erle dominant; Esche beigemischt; Silber-Weide, Trauben-Kirsche, Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Fichte vereinzelt

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen.

Waldbau: Vor allem Grau-Erle kann waldbaulich gefördert werden (regional wichtige Baumart für die Brennholzgewinnung). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu pflegen. Vitale Eschen können im Falle des Vorliegens von resistenten Bäumen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls als Baumart mit Wertholzpotenzial gepflegt und gefördert werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Einzelbaumentnahmen oder kleinflächige Verjüngungsverfahren wie Lochhiebe sind möglich.

SE: Schwarz-Erlen- Eschen- Auwald

Oft kleinflächig ausgebildete, durch Grundwasseranschluss ganzjährig gut durchfeuchtete Standorte von Auen, "Flutmulden" (Weiche Au).

Böden: Gering bis weiter entwickelte, jedenfalls grundwassergeprägte Böden: Augley, Anmoor; vorwiegend silikatisches Material

Baumarten: Esche und Schwarz-Erle sind dominant; vereinzelt treten Trauben-Kirsche und Stiel-Eiche auf.

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen.

Waldbau: Vor allem Schwarz-Erle kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial) und es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu fördern. Vitale Eschen können im Falle des Vorliegens von resistenten Bäumen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls als Baumart mit Wertholzpotenzial gepflegt und gefördert werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Einzelbaumentnahmen oder kleinflächige Verjüngungsverfahren wie Lochhiebe sind möglich.

AE: Berg-Ahorn- Eschen- Auwald

Nicht mehr oder nur selten überschwemmte Standorte von Auen (Harte Au).

Böden: Meist weiter entwickelte, das heißt bereits verlehmte oder verbraunte Böden: Brauner Auboden; vorwiegend silikatisches Material

Baumarten: Berg-Ahorn und Esche sind dominant; beigemischt treten Grau-Erle, Berg-Ulme und Sommer-Linde auf; vereinzelt sind Trauben-Kirsche, Vogel-Kirsche, Stiel-Eiche, Winter-Linde, Buche und Fichte anzutreffen.

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen.

Waldbau: Vor allem Berg-Ahorn kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu fördern. Vitale Eschen können im Falle des Vorliegens von resistenten Bäumen (gegen das Eschentriebsterben) ebenfalls als Baumart mit Wertholzpotenzial gepflegt und gefördert werden. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Einzelbaumentnahmen oder kleinflächige Verjüngungsverfahren wie Lochhiebe sind möglich.

WEI/GE4567cg_A: Weiden und Grau-Erlen Karbonat - Auwaldkomplex

In den höhergelegenen Bereichen der Steiermark (mäßig kühle Mischwaldzone), also an den Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen mit dominant karbonatischen Ausgangsgesteinen für die Substratbildung, ist diese Waldstandortseinheit ausgebildet. Sie ist nur kleinflächig verbreitet (Tab. 15.4).

WEI: Lavendel- Weiden- Auwald

Es handelt sich in diesem Fall um regelmäßig überschwemmte Standorte im Uferbereich von Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen (Weiche Au).

Böden: Kaum entwickelte Böden auf gröberem Material (Kies) ohne Feinsandauflage: Rohauboden, Grauer Auboden und Schwemmboden; vorwiegend karbonatisches Material

Baumarten: Lavendel-Weide und Purpur-Weide dominant; vereinzelt Grau-Erle und Reif-Weide

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen.

Waldbau: Lavendel-Weide waldbaulich fördern, alle weiteren Mischbaumarten erhalten beziehungsweise fördern. Kleinflächige Eingriffe (Femelhiebe oder Lochhiebe) oder Einzelbaumentnahmen sind als Verjüngungsverfahren vorziehen. Augenmerk auf die Dominanz von Kernwüchsen legen (generative Verjüngung der Baumarten fördern).

GE: Grau-Erlen- Auwald

Weniger regelmäßig und weniger intensiv überschwemmte Standorte im Überflutungsbereich von Gebirgsflüssen und Gebirgsbächen (Weiche Au).

Böden: Gering entwickelte Böden auf Kies mit Feinsandauflage: Grauer Auboden und Schwemmboden; vorwiegend karbonatisches Material

Baumarten: Grau-Erle dominant; Fichte beigemischt; Esche, Berg-Ahorn und Berg-Ulme vereinzelt

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen.

Waldbau: Vor allem Grau-Erle kann waldbaulich gefördert werden (regional wichtige Baumart für die Brennholzgewinnung) und es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu pflegen. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Einzelbaumentnahmen oder kleinflächige Verjüngungsverfahren sind empfehlenswert.

GE567rm_A: Grau-Erlen Silikat - Auwaldkomplex

Diese Waldstandortseinheit ist in den höhergelegenen Bereichen der Steiermark (mäßig kühle Mischwaldzone) ausgebildet, also an den Gebirgsbächen und Gebirgsflüssen mit dominant silikatischen Ausgangsgesteinen für die Substratbildung. Sie ist nur kleinflächig verbreitet (Tab. 15.4).

GE: Grau-Erlen- Auwald

Weniger regelmäßig und weniger intensiv überschwemmte Standorte im Überflutungsbereich von Gebirgsflüssen und Gebirgsbächen (Weiche Au).

Böden: Gering entwickelte Böden auf Kies mit Feinsandauflage: Grauer Auboden, Schwemmboden und Augley; vorwiegend silikatisches Material

Baumarten: Grau-Erle dominant; Fichte beigemischt; Esche, Berg-Ahorn und Berg-Ulme vereinzelt

Gastbaumarten: Es werden hier keine Gastbaumarten empfohlen.

Waldbau: Vor allem Grau-Erle kann waldbaulich gefördert werden (regional wichtige Baumart für die Brennholzgewinnung). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung zu pflegen. Zusätzlich ist darauf zu achten, die oben angeführten Mischbaumarten im Zuge der Pflegemaßnahmen (Mischungsregulierung) zu erhalten. Einzelbaumentnahmen oder kleinflächige Verjüngungsverfahren sind empfehlenswert.

15.4 Wasserbeeinflusste Standorte (Wasserzug)

in der mäßig warmen Laubwaldzone bis mäßig kalten Nadelwaldzone

Tabelle 15.5: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie W,*** **W**asserbeeinflusste Standorte (Wasserzug) mit mehr als 10° Hangneigung in der mäßig warmen Laubwaldzone bis mäßig kalten Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasser-haushalt	Verbreitung
SE67grm_W	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	Karbonatgesteine, feinerde-reich bis intermediäre Silikatgesteine	feucht bis nass	2.733 ha / 48,8 %
FTA/SE67grm_W	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	Karbonatgesteine, feinerde-reich bis intermediäre Silikatgesteine	feucht bis nass	1.210 ha / 21,6 %
FTK67ue_W	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht bis nass	847 ha / 15,1 %
FTA/GE67grm_W	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	Karbonatgesteine, feinerde-reich bis intermediäre Silikatgesteine	feucht bis nass	396 ha / 7,1 %
FT67ue_W	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht bis nass	239 ha / 4,3 %
FT/GE67grm_W	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	Karbonatgesteine, feinerde-reich bis intermediäre Silikatgesteine	feucht bis nass	124 ha / 2,2 %
Fs67ue_W	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht bis nass	50 ha / 0,9 %
Fs67grm_W	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	Karbonatgesteine, feinerde-reich bis intermediäre Silikatgesteine	feucht bis nass	6 ha / 0,1 %

Kurzcharakteristik

Verbreitung

Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie W, Wasserbeeinflusste Standorte (Wasserzug) mit mehr als 10° Hangneigung*** in der mäßig warmen Laubwaldzone bis mäßig kalten Nadelwaldzone kommt auf 5.605 ha vor, was rund 0,5 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Es sind stärker geneigte und durch Wasserzügigkeit beeinflusste Standorte (> 10° Hangneigung), welche großflächig in den Tieflagen der Steiermark auftreten, in den Hochlagen der Gebirge ist ihr Auftreten nur mehr äußerst kleinflächig (Tab. 15.5). Die charakteristischen Böden in dieser Gruppe sind Pseudogleye und Gleye. Die weite Höhenerstreckung bewirkt völlig unterschiedliche Charakteristika der Waldstandorte.

Baumartenspektrum

SE67grm_W: Schwarz-Erle und Esche dominant; Berg-Ahorn, Grau-Erle, Stiel-Eiche, Berg-Ulme, Hainbuche und Trauben-Kirsche vereinzelt

FTA/SE67grm_W: Fichte und Tanne dominant; Grau-Erle, Schwarz-Erle, Berg-Ahorn und Esche vereinzelt oder Esche und Schwarz-Erle dominant; Berg-Ahorn, Grau-Erle, Berg-Ulme und Fichte vereinzelt

FTK67ue_W: Fichte dominant; Tanne beigemischt; Rot-Kiefer und Moor-Birke beigemischt

FTA/GE67grm_W: Fichte und Tanne dominant; Grau-Erle beigemischt; Berg-Ahorn, Esche und Lärche beigemischt oder Grau-Erle dominant; Fichte und Esche beigemischt; Berg-Ahorn vereinzelt

FT67ue_W: Fichte und Tanne dominant; Vogelbeere und Lärche vereinzelt

FT/GE67grm_W: Fichte und Tanne dominant; Grau-Erle beigemischt; Berg-Ahorn, Esche und Lärche vereinzelt oder Grau-Erle dominant; Fichte und Esche beigemischt; Berg-Ahorn vereinzelt

Fs67ue_W: Fichte dominant; Vogelbeere und Lärche vereinzelt

Fs67grm_W: Fichte dominant; Vogelbeere, Lärche und Grün-Erle vereinzelt

Gastbaumarten

Es können in dieser Sonderwaldstandorts-Kategorie keine geeigneten Gastbaumarten genannt werden, weil deren Wuchsverhalten auf den wasserzügigen Feuchtstandorten nicht vollständig geklärt ist.

Erscheinungsbild

In der *Sonderwaldstandorts-Kategorie W* sind diverse Waldbestands-Strukturen ausgebildet, was an den durch den starken Höhengradienten extrem unterschiedlichen Standortsbedingungen liegt. Es gibt für alle Waldstandortseinheiten nur eine Gemeinsamkeit, nämlich, dass die Böden durch Wasserbeeinflussung (Wasserzug) geprägt sind (Pseudogleye und Gleye) und die Hangneigung der Standorte mehr als 10° beträgt. Aufgrund der Wasserzügigkeit sind ausschließlich die Wasserhaushaltsstufen feucht und nass ausgebildet. Es werden die Erscheinungsbilder der Waldbestände nachfolgend separat beschrieben.

Beschreibung der Wasserbeeinflussten Standorte (Wasserzug) mit > 10° Hangneigung (W)

SE67grm_W: Schwarz-Erlen- Eschenwald-Standorte mit Wasserzug

Waldvegetationszone: mäßig warme Laubwaldzone bis milde Laubwaldzone

Die am weitesten verbreitete Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie W* nimmt fast 50 % der Gesamtfläche ein (Tab. 15.5). Der Schwarz-Erlen- Eschen-Wald ist vor allem in den tiefergelegenen Bereichen der Steiermark verbreitet. Diese Waldstandorte bieten ausgezeichnete Möglichkeiten zur Produktion von Schwarz-Erlen Wertholz.

Böden: Durch Wasserzügigkeit geprägte Böden: Pseudogley und Gley auf feinerdereichen Karbonaten und basischen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten: Schwarz-Erle und Esche dominant; Berg-Ahorn, Grau-Erle, Stiel-Eiche, Berg-Ulme, Hainbuche und Trauben-Kirsche vereinzelt.

Waldbau: Vor allem Schwarz-Erle kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung konsequent zu fördern. Auch vitale Eschen können im Falle des Vorhandenseins von resistenten Individuen (gegen das Eschentriebsterben) gefördert werden. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

FTA/SE67grm_W: Fichten-Tannen-Ahornwald- und Schwarz-Erlen- Eschenwald-Standorte mit Wasserzug

Waldvegetationszone: mäßig milde Mischwaldzone

Die zweitgrößte Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie W* nimmt rund 21,6 % der Gesamtfläche ein (Tab. 15.5). Der Fichten-Tannen-Ahornwald und der Schwarz-Erlen- Eschen-Wald ist ausschließlich in der mäßig milden Mischwaldzone verbreitet. Die Waldstandorte bieten ausgezeichnete Möglichkeiten zur Erzielung von Fichten- und Tannen- oder Schwarz-Erlen- Wertholz.

Böden: Durch Wasserzügigkeit geprägte Böden: Pseudogley und Gley auf feinerdereichen Karbonaten und basischen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten:
- **FTA:** Fichte und Tanne dominant; Grau-Erle, Schwarz-Erle, Berg-Ahorn und Esche vereinzelt
- **SE:** Esche und Schwarz-Erle dominant; Berg-Ahorn, Grau-Erle, Berg-Ulme und Fichte vereinzelt

Waldbau: **FTA:** Waldbauliche Förderung vor allem von Tanne, Fichte und Berg-Ahorn mittels Z-Baum-Auszeige und konsequenter Auslesedurchforstung. Die vorhandenen Mischbaumarten sind im Waldbestand zu erhalten. Femelhieb oder Einzelbaumentnahme sind taugliche Verjüngungsverfahren. Von großen Kahlschlägen ist in allen Fällen abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht noch zusätzlich zu verstärken. Vor allem die Schattbaumarten profitieren von einer Verjüngung unter Schirm.

SE: Vor allem Schwarz-Erle kann waldbaulich gefördert werden (hohes Wertholzpotenzial). Es wird empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung konsequent zu fördern. Auch vitale Eschen können im Falle des Vorhandenseins von resistenten Individuen (gegen das Eschentriebsterben) gefördert werden. Die vorhandenen Mischbaumarten sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

FTK67ue_W: Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte mit Wasserzug

Waldvegetationszone: milde Laubwaldzone bis mäßig kühle Mischwaldzone

Die drittgrößte Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie W* nimmt rund 15,1 % der Gesamtfläche ein (Tab. 15.5). Der Fichten-Tannen-Kiefernwald ist in der milden Laubwaldzone bis zur mäßig kühlen Mischwaldzone verbreitet. Die Waldstandorte bieten Möglichkeiten zur Erzielung von Fichten-, Tannen- oder Rot-Kiefern- Nutzholz.

Böden: Durch Wasserzügigkeit geprägte Böden: Pseudogley und Gley auf basenarmen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten: Fichte dominant; Tanne beigemischt; Rot-Kiefer und Moor-Birke vereinzelt

Waldbau: Waldbauliche Förderung von Fichte und Tanne (eventuell auch von Rot-Kiefer) mittels Z-Baum-Auszeige und konsequenter Auslesedurchforstung. Die vorhandenen Mischbaumarten sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

FTA/GE67grm_W: Fichten-Tannen-Ahornwald- und Grau-Erlenwald-Standorte mit Wasserzug

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone

Die viertgrößte Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie W* nimmt rund 7,1 % der Gesamtfläche ein (Tab. 15.5). Der Fichten-Tannen-Ahornwald und der Grau-Erlen- Eschen-Wald sind ausschließlich in der mäßig kühlen Mischwaldzone verbreitet. Die Waldstandorte bieten ausgezeichnete Möglichkeiten zur Erzielung von Fichten- und Tannen-Wertholz oder Grau-Erlen-Brennholz.

Böden: Durch Wasserzügigkeit geprägte Böden: Pseudogley und Gley auf feinerdereichen Karbonaten und basischen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten: **FTA:** Fichte, Tanne dominant; Grau-Erle, Berg-Ahorn, Esche; Lärche vereinzelt
GE: Grau-Erle dominant; Fichte und Esche beigemischt; Berg-Ahorn vereinzelt

Waldbau: **FTA:** Waldbauliche Förderung von Tanne und Berg-Ahorn mittels Z-Baum-Auszeige und konsequenter Auslesedurchforstung. Die vorhandenen Mischbaumarten sind im

Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

GE: Vor allem Grau-Erle kann waldbaulich gefördert werden (hohes Brennholzpotenzial). Es wird entweder empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung konsequent zu fördern oder durch eine starke Niederdurchforstung den Vorratsaufbau zu unterstützen. Auch vitale Eschen können im Falle des Vorhandenseins von resistenten Individuen (gegen das Eschentriebsterben) gefördert werden. Die vorhandenen Mischbaumarten sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

FT67ue_W: Fichten-Tannenwald-Standorte mit Wasserzug

Waldvegetationszone: kühle Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie W* nimmt rund 4,3 % der Gesamtfläche ein, ist also nur kleinflächig verbreitet (Tab. 15.5). Die Waldstandorte bieten Möglichkeiten zur Erzielung von Fichten- und Tannenwertholz.

Böden: Durch Wasserzügigkeit geprägte Böden: Pseudogley und Gley auf basenarmen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten: Fichte und Tanne dominant; Vogelbeere und Lärche vereinzelt

Waldbau: Waldbauliche Förderung von Tanne mittels Z-Baum-Auszeige und konsequenter Auslesedurchforstung. Die vorhandenen Mischbaumarten sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich und begünstigen die Etablierung der Schattbaumart Tanne. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

FT/GE67grm_W: Fichten-Tannenwald- und Grau-Erlenwald- Standorte mit Wasserzug

Waldvegetationszone: kühle Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandort- Kategorie W* nimmt rund 2,2 % der Gesamtfläche ein und ist demnach nur kleinflächig ausgebildet (Tab. 15.5). Die Waldstandorte bieten ausgezeichnete Möglichkeiten zur Erzielung von Fichten- und Tannenwertholz oder Grau-Erlen-Brennholz.

Böden: Durch Wasserzügigkeit geprägte Böden: Pseudogley und Gley auf feinerdereichen Karbonaten und basischen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten: **FT:** Fichte und Tanne dominant; Grau-Erle beigemischt; Berg-Ahorn, Vogelbeere und Lärche vereinzelt

GE: Grau-Erle dominant; Fichte beigemischt; Berg-Ahorn vereinzelt

Waldbau: **FT:** Waldbauliche Förderung vor allem von Tanne mittels Z-Baum-Auszeige und konsequenter Auslesedurchforstung. Die weiteren Mischbaumarten sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich und begünstigen die Etablierung der Schattbaumarten. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

GE: Vor allem Grau-Erle kann waldbaulich gefördert werden (hohes Brennholzpotenzial). Es wird entweder empfohlen, Z-Bäume auszuzeigen und mittels Auslesedurchforstung konsequent zu fördern oder durch eine starke Niederdurchforstung den Vorratsaufbau zu unterstützen. Die vorhandenen Mischbaumarten sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

Fs67ue_W: Fichtenwald-Standorte subalpin und basenarm mit Wasserzug

Waldvegetationszone: mäßig kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie W* nimmt nur 50 ha ein, ist also nur sehr kleinflächig verbreitet (Tab. 15.5). Die Waldstandorte bieten Möglichkeiten zur Erzielung von Fichten-Nutzholz.

Böden: Durch Wasserzügigkeit geprägte Böden: Pseudogley und Gley auf basenarmen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten: Fichte dominant; Vogelbeere und Lärche vereinzelt

Waldbau: Waldbauliche Förderung von Fichte mittels Z-Baum-Auszeige und konsequenter Auslesedurchforstung. Die Mischbaumarten Lärche oder Vogelbeere sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich. Vorhandene Rotten sind als Einheit zu pflegen und zu belassen oder zur Gänze zu entnehmen. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

Fs67grm_W: Fichtenwald-Standorte subalpin und basenreich mit Wasserzug

Waldvegetationszone: mäßig kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie W* nimmt nur 6 ha ein und ist damit nur äußerst kleinflächig verbreitet (Tab. 15.5). Die Waldstandorte bieten jedoch Möglichkeiten zur Erzielung von Fichtennutzholz.

Böden: Durch Wasserzügigkeit geprägte Böden: Pseudogley und Gley auf basengesättigten bis mäßig basenhaltigen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten: Fichte dominant; Vogelbeere, Lärche und Grün-Erle vereinzelt

Waldbau: Waldbauliche Förderung von Fichte mittels Z-Baum-Auszeige und konsequenter Auslesedurchforstung. Die Mischbaumarten Lärche, Vogelbeere oder Grün-Erle sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahme oder kleinflächige Verjüngungsverfahren (Femelhieb und Lochhieb) sind möglich. Vorhandene Rotten sind als Einheit zu pflegen und zu belassen oder zur Gänze zu entnehmen. Von großen Kahlschlägen ist eher abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

15.5 Nass-Standorte (Vernässung)
in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone

Tabelle 15.6: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der **Sonderwaldstandorts-Kategorie N**, Nass-Standorte (Vernässung) mit weniger als 10° Hangneigung in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasser-haushalt	Verbreitung
SE67grm_N	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	feinerdereiche Kalk- und Dolomitgesteine, basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	feucht und nass	8.937 ha / 100 %

Kurzcharakteristik

Verbreitung

Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie N, Nass-Standorte (Vernässung) mit weniger als 10° Hangneigung*** in der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone kommt auf 8.937 ha vor (Tab. 15.6), was rund 0,8 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Dabei werden neben der Klimazone und der Hangneigung auch der Grundwassereinfluss und die Wasserhaushaltsstufe zur Ausscheidung der Standorte berücksichtigt. Es sind das Standorte in den tiefergelegenen Bereichen der Steiermark, also vorwiegend südlich von Graz.

Baumartenspektrum

Schwarz-Erle dominant; Esche beigemischt; Stiel-Eiche, Hainbuche und Trauben-Kirsche vereinzelt.

Gastbaumarten

Es können in *Sonderwaldstandorts-Kategorie N* keine geeigneten Gastbaumarten genannt werden, weil deren Wuchsverhalten auf den Feuchtstandorten nicht völlig geklärt ist.

Erscheinungsbild

In der *Sonderwaldstandorts-Kategorie N* sind zumeist von Schwarz-Erle dominierte Waldbestände ausgebildet. Beigemischt tritt Esche auf, während Stiel-Eiche, Trauben-Kirsche und Hainbuche vereinzelt auftreten. Die Waldbestände sind aufgrund des Grundwassereinflusses und der daraus resultierenden Wasserhaushaltsstufen als Bruchwälder zu bezeichnen. Die Schwarz-Erle kann auf den feuchten bis nassen Standorten beachtliche Dimensionen erzielen und folglich als Wertholzbaumart gefördert werden. Ebenso können auch vitale Eschen, im Falle des Vorhandenseins von resistenten Individuen (gegen das Eschentriebsterben), als Wertholzbaumart gepflegt werden. Nadelbaumreinbestände sind auf diesen Standorten außerordentlich instabil und folglich in die möglichen Mischwaldbestände zu überführen.

SE67grm_N: Schwarz-Erlenwald auf Nass-Standorten

Waldvegetationszone: mäßig warme bis milde Laubwaldzone

Diese Waldstandortseinheit der *Sonderwaldstandorts-Kategorie N* nimmt 8.186 ha ein (Tab. 15.6). Der Schwarz-Erlenwald ist von der mäßig warmen bis milden Laubwaldzone verbreitet. Die Waldstandorte bieten Möglichkeiten zur Erzielung von Schwarz-Erlen- und Eschenwertholz.

Böden: Durch Grundwassereinfluss geprägte Böden: Anmoor und Gley, auf basengesättigten und feinerdereichen Karbonatgesteinen, sowie auf basenreichen und mäßig basenhaltigen Silikatgesteinen, feucht bis nass.

Baumarten: Schwarz-Erle dominant; Esche beigemischt; Stiel-Eiche, Hainbuche und Trauben-Kirsche vereinzelt.

Waldbau: Waldbauliche Förderung von Schwarz-Erle (und Esche) mittels Z-Baum-Auszeige und konsequenter Auslesedurchforstung. Die vorhandenen Mischbaumarten sind im Waldbestand zu erhalten. Einzelbaumentnahmen oder kleinflächige Verjüngungsverfahren sind besonders geeignet. Von großen Kahlschlägen ist in allen Fällen abzusehen, um die Vernässung der Waldstandorte nicht zusätzlich zu verstärken.

15.6 Organische Standorte und Moore (Moore)

in der mäßig warmen Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone

Tabelle 15.7: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie O, Organische Standorte und Moore (Moore)*** in der mäßig warmen Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasser-haushalt	Verbreitung
SE67grm_O	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	Karbonatgesteine, fein-erdereich bis intermediäre Silikatgesteine	feucht bis nass	1.271 ha / 41,3 %
Fm67grm_O / LAT67ue_O	basengesättigt bis mäßig basenhaltig / basenarm	Karbonatgesteine, fein-erdereich bis intermediäre Silikatgesteine / rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht bis nass	639 ha / 20,8 %
Fs67grm_O / Fs/LAT67ue_O	basengesättigt bis mäßig basenhaltig / basenarm	Karbonatgesteine, fein-erdereich bis intermediäre Silikatgesteine / rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht bis nass	611 ha / 19,8 %
Kl/LAT567ue_O	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht bis nass	556 ha / 18,1 %
Kl567ue_O	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	feucht bis nass	2 ha / 0,05 %

Kurzcharakteristik

Verbreitung

Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie O, Organische Standorte und Moore*** in der mäßig warmen Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone kommt auf 3.078 ha vor, was rund 0,3 % der Waldfläche in der Steiermark entspricht. Dabei ist zu beachten, dass die Moorstandorte auf Basis der Informationen in der geologischen Karte, des Moorschutzkatalogs und der ausgewiesenen Flächen des Projekts „More Moore“ identifiziert worden sind. Die Hochmoore und Niedermoore sind Standorte, welche in erster Linie für den Naturschutz z.B. im Sinne der Biodiversität von zentraler Bedeutung sind. Viele der ausgeschiedenen Sonderwaldstandorte der Kategorie O stehen daher auch unter Naturschutz. Über die Bedeutung für den Naturschutz hinausreichend ist die Rolle der Hochmoore und Niedermoore als CO_2-Speicher und Senke. Die nachfolgenden Beschreibungen der Gehölze auf den Moor-Standorten dienen einzig der Verbesserung des Verständnisses dieser Ökosysteme und haben keine Überlegungen zur Waldbewirtschaftung im Sinne einer Holznutzung integriert.

Gastbaumarten: Auf Naturschutzflächen wird generell keine Empfehlung für Gastbaumarten gegeben, die Erhaltung der natürlichen Artenzusammensetzung ist aus naturschutzfachlichen Gründen bedeutend.

Erscheinungsbild Die Flächen der *Sonderwaldstandorts-Kategorie O* erstrecken sich über alle Waldvegetationszonen der Steiermark und weisen daher äußerst unterschiedliche Erscheinungsbilder auf. Daher werden alle Waldstandortseinheiten separat beschrieben.

SE67grm_O: Schwarz-Erlen- Moorwald

Waldvegetationszone: mäßig warme Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie O* nimmt 1.271 ha ein und ist somit die größte Moor-Waldstandortseinheit (Tab. 15.7). Der Schwarz-Erlen- Moorwald ist von der mäßig warmen Laubwaldzone bis zur mäßig milden Mischwaldzone verbreitet. Diese Moorstandorte in den tiefergelegenen Zonen der Steiermark sind durch geringwüchsige Baumindividuen geprägt, wobei die Schwarz-Erle dominant auftritt.

Böden: Die durch organische Substanzen geprägten Böden sind Anmoor und Niedermoor auf basengesättigten und feinerdereichen Karbonatgesteinen, sowie auf basenreichen und mäßig basenhaltigen Silikatgesteinen

Baumarten: Schwarz-Erle dominant; Esche beigemischt; Bruch-Weide vereinzelt

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend, vielmehr sind die meist unter Naturschutz stehenden Moorwälder sich selbst zu überlassen und zu erhalten. Jedenfalls sind die Ansprüche der im Moorwald vorkommenden Arten genau zu analysieren, da der Baumbewuchs nicht unbedingt „ein Problem“ darstellen muss, sondern auch Lebensraum von moortypischen Arten sein kann.

Fm67grm_O / LAT67ue_O: Fichten und Latschen - Moorwaldkomplex montan

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie O* nimmt 639 ha ein und ist somit die zweitgrößte Moor-Waldstandortseinheit (Tab. 15.7). Der montane Fichten- und Latschen - Moorwaldkomplex ist ausschließlich in der mäßig kühlen Mischwaldzone verbreitet. Diese Moorstandorte in den mittleren Höhenlagen der Steiermark sind durch geringwüchsige Baumindividuen geprägt, wobei die Fichte eher am Rand und die Latsche im Zentrum der Moore dominant auftreten.

Böden: Die durch organische Substanzen geprägten Böden sind Anmoor, Niedermoor und Hochmoor auf basengesättigten und feinerdereichen Karbonatgesteinen, sowie auf basenreichen und mäßig basenhaltigen Silikatgesteinen (grm) und auf basenarmen Silikatgeteinen (ue).

Baumarten:

grm_O: Fichte dominant; Tanne, Lärche und Rot-Kiefer vereinzelt; eventuell Birke und Vogelbeere vereinzelt

ue_O: Fichte dominant; Rot-Kiefer beigemischt; Tanne, Lärche und Moor-Birke vereinzelt; zum Moorzentrum hin ist Latsche dominant

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend, eher sind die meist unter Naturschutz stehenden Moorwälder sich selbst zu überlassen und zu erhalten.

Fs67grm_O / Fs/LAT567ue_O: Fichtenwald basenreich / Fichten- und Latschenwald basenarm - Moorwaldkomplex subalpin

Waldvegetationszone: kühle Mischwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie O* nimmt 611 ha ein und ist somit die drittgrößte Moor-Waldstandortseinheit (Tab. 15.7). Der Latschen- und subalpine Fichten-Moorwald-Komplex ist von der kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kalten Nadelwaldzone verbreitet. Diese Moorstandorte in den Hochlagen der Steiermark sind durch geringwüchsige Baum-Individuen geprägt, wobei die Fichte randlich und die Latsche im Zentrum der Moore dominant auftreten.

Böden: Die durch organische Substanzen geprägten Böden sind Anmoor, Niedermoor und Hochmoor auf basengesättigten und feinerdereichen Karbonatgesteinen, sowie auf basenreichen und mäßig basenhaltigen Silikatgesteinen (grm) und auf basenarmen Silikatgeteinen (ue).

Baumarten:

grm_O: Fichte dominant; Tanne und Lärche vereinzelt

ue_O: Fichte dominant; Tanne, Lärche und Moor-Birke vereinzelt; zum Moorzentrum hin ist Latsche dominant

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend, vielmehr sind die meist unter Naturschutz stehenden Moorwälder sich selbst zu überlassen und zu erhalten. Manche hochspezialisierte Arten, die in Moorwäldern vorkommen, bevorzugen eine Mischung aus offenen, halboffenen und eher geschlossenen Bereichen. Durch die

höhere Mortalität von Fichte auf diesen Standorten kann sich ein solches Mosaik ergeben und erhalten.

KI/LAT567ue_O: Rot-Kiefern und Latschen - Moorwaldkomplex

Waldvegetationszone: milde Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie O* nimmt 556 ha ein und ist somit die viertgrößte Moor-Waldstandortseinheit (Tab. 15.7). Der Latschen- und Rot-Kiefern- Moorwald-Komplex ist von der milden Laubwaldzone bis zur mäßig milden Mischwaldzone verbreitet. Diese Moorstandorte in den mittleren Lagen der Steiermark sind durch geringwüchsige Baum-Individuen geprägt, wobei die Rot-Kiefern und Latschen dominant auftreten.

Böden: Durch organische Substanzen geprägtes Hochmoor auf basenarmen Silikatgesteinen.

Baumarten: Rot-Kiefer dominant; Fichte und Moor-Birke beigemischt; Vogelbeere vereinzelt; zum Zentrum des Moores hin ist Latsche dominant.

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend, vielmehr sind die meist unter Naturschutz stehenden Moorwälder sich selbst zu überlassen und zu erhalten.

KI567ue_O: Rot-Kiefern- Moorwald

Waldvegetationszone: mäßig warme Laubwaldzone bis sehr milde Laubwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie O* nimmt nur 2 ha ein und ist somit die kleinste Moor-Waldstandortseinheit (Tab. 15.7). Diese Moorstandorte in den tiefen Lagen der Steiermark sind durch geringwüchsige Baum-Individuen geprägt, wobei die Rot-Kiefer dominant auftritt.

Böden: Durch organische Substanzen geprägtes Hochmoor auf basenarmen Silikatgesteinen; Bodentyp: Hochmoor

Baumarten: Rot-Kiefer dominant; Moor-Birke beigemischt

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend, vielmehr sind die meist unter Naturschutz stehenden Moorwälder sich selbst zu überlassen und zu erhalten. Die Durchführung von etwaigen Renaturierungsmaßnahmen (u.a. Verhinderung von Abfluss) sind lokal zu entscheiden.

15.7 Lawinare- und Schneelagenstandorte (Schneelagen)
in der kühlen Mischwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone der Kalkalpen

Tabelle 15.8: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie L, Lawinare und Schneelagen-Standorte (Schneelagen)*** in der kühlen Mischwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone der Kalkalpen.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasser-haushalt	Verbreitung
LA4c_L	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	frisch	9.545 ha / 52,9 %
LA5cg_L	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	sehr frisch	1.548 ha / 8,6 %
BFT5cgr_L	carbonatisch, basengesättigt und basenreich	Karbonatgesteine, feinerdearm und feinerdereich und basenreiche Silikatgesteine	sehr frisch	6.944ha / 38,5 %

Kurzcharakteristik

Verbreitung

Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie L, Lawinare und Schneelagen-Standorte (Schneelagen)*** in der kühlen Mischwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone der Kalkalpen kommt auf 18.037 ha vor, was rund 1,6 % der Waldfläche der Steiermark entspricht. Die Schneelagen-Standorte sind durch hohe Schneeakkumulation im Winter geprägt. Es handelt sich zumeist um Standorte, welche von der Hauptwindrichtung abgewandt sind (Lee-Lagen), wodurch es in den angesprochenen Höhenlagen zu großen Schneeakkumulationen kommen kann. Dadurch weisen die Standorte in der Regel eine gute Wasserversorgung auf (Wasserhaushaltsstufen frisch und sehr frisch, Tab. 15.8), weil die Schneeschmelze die Böden sehr lange in den Frühsommer und Sommer hinein durchfeuchtet. Die große Schneeakkumulation bewirkt auf den zumeist steilen Hanglagen den Prozess des Schneekriechens, wodurch in den Hochlagen die Lärche als dominante Baumart hervortritt. In der kühlen Mischwaldzone ist auch Buche beigemischt, aber wiederum wird Lärche eine größere Rolle spielen.

Es ist zu beachten, dass die *Sonderwaldstandorts-Kategorie L* nur in den Kalkalpen und auf basenreichen Standorten der kühlen Mischwaldzone modelliert wurde. In den silikatischen Zentralalpen wurde sie nicht modelliert, weil dort zu viele „falsch positive“ Ausscheidungen vorgelegen wären, was den Anteil der L-Standorte noch weiter erhöht hätte. Dennoch ist aufgrund der weiten Verbreitung der *Sonderwaldstandorts-Kategorie L* im Gelände kritisch zu überprüfen, ob die stockenden Waldbestände wirklich dieser Kategorie entsprechen (Indizien dafür sind Dominanz und Säbelwuchs von Lärche). Nur dann sind die entsprechenden Empfehlungen anwendbar. Die Ausdehnung der „Kategorie L – Waldstandortseinheite“ könnte folglich durchaus größer sein.

Baumartenspektrum

LA4c_L: Lärche dominant; Fichte und Latsche beigemischt; Vogelbeere, (Berg-Ahorn und Tanne nur in der kühlen Mischwaldzone und der sehr kühlen Nadelwaldzone) vereinzelt.

LA5cg_L: Lärche dominant; Fichte und Latsche beigemischt; Vogelbeere vereinzelt.

BFT5cgr_L: Buche dominant; Lärche subdominant; Berg-Ahorn, Tanne und Fichte beigemischt; Berg-Ulme und Vogelbeere vereinzelt.

Gastbaumarten Für die Schneelagen-Standorte können keine geeigneten Gastbaumarten genannt werden.

Erscheinungsbild Die Flächen der *Sonderwaldstandorts-Kategorie L* erstrecken sich von der kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kalten Nadelwaldzone. Die von hohen Schneelagen und Schneekriechen geprägten Waldstandorte sind dadurch gekennzeichnet, dass die stockenden Bäume oftmals Säbelwuchs aufweisen. Die Lärche hält das Schneekriechen sehr gut aus, und wird auf diesen Standorten daher zumeist die Waldbestände dominieren. Auch Buche vermag das Schneekriechen relativ gut auszuhalten. Fichte fehlt zumeist, weil sie – vor allem im Jungwuchsstadium - nicht überlebensfähig ist.

LA4c_L: Lärchenwald-Standorte, frisch - Schneelagen

Waldvegetationszone: kühle Mischwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie L* nimmt 9.545 ha ein und ist somit die großflächigste Schneelagen-Standortseinheit (Tab. 15.8). Der frische Karbonat-Lärchenwald ist von der kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kalten Nadelwaldzone verbreitet. Die dominante Lärche prägt die aufgrund der Schneeeinwirkung zumeist säbelwüchsigen Waldbestände. Das Schneegleiten und -Kriechen auf diesen Standorten verlangsamt oder verunmöglicht das Wachstum der Bäume.

Böden: Rendzina und Kalklehm-Rendzina auf Karbonatgesteinen

Baumarten: Lärche dominant; Fichte, Latsche beigemischt; Vogelbeere vereinzelt (Berg-Ahorn, Tanne nur in kühler Mischwaldzone und sehr kühler Nadelwaldzone)

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind oft nicht zielführend. Gezielte Wildstandsanpassungen sind wichtig, um die Entwicklung der Naturverjüngung auf den Schneelagen-Standorten zur Gewährleistung der Schutzwaldfunktion sicherzustellen. Unter Umständen ist aktive Pflanzung von Lärche zu empfehlen, was aber unter Anwendung mechanischer Schutzbauten wie Dreibeinböcken zu erfolgen hätte (Schutz vor Entwurzelung durch Schneeschub). Dreibeinböcke haben dabei auch den zusätzlichen Effekt, dass die Vegetationszeit für die Pflanzen durch das frühere Ausapern um die Holzpfosten herum verlängert wird. Denkbar ist auch die Anlage von Bermen, um die Schneebewegung zu bremsen und die Gleithänge aufzubrechen. Dabei ist Pflanzung von Lärche in die Bermen von Vorteil. Bei allen Maßnahmen ist die Integration der Naturverjüngung wichtig.

LA5cg_L: Lärchenwald-Standorte, sehr frisch - Schneelagen

Waldvegetationszone: kalte und sehr kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie L* nimmt 1.548 ha ein und ist somit die kleinflächigste Schneelagen-Standortseinheit (Tab. 15.8). Die Lärche prägt die aufgrund des Schneekriechens meist säbelwüchsigen Waldbestände.

Böden: Rendzina, Kalklehm-Rendzina und Kalkbraunlehme auf Karbonatgesteinen

Baumarten: Lärche dominant; Fichte und Latsche beigemischt; Vogelbeere vereinzelt

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind meist nicht zielführend. Gezielte Wildstandsanpassungen sind sinnvoll, um die Entwicklung der Naturverjüngung auf den Schneelagen-Standorten zur Gewährleistung der Schutzwaldfunktion sicherzustellen. Unter Umständen ist die aktive Pflanzung von Lärche zu empfehlen, was aber unter Anwendung von mechanischen Schutzbauten wie etwa Dreibeinböcken zu erfolgen hätte (Schutz vor der Entwurzelung durch Schneeschub). Dreibeinböcke haben dabei auch den zusätzlichen Effekt, dass die Vegetationszeit für die Pflanzen durch das frühere Ausapern um die Holzpfosten herum verlängert wird. Denkbar ist auch die Anlage von Bermen, um die Schneebewegung zu bremsen und die Gleithänge aufzubrechen. Dabei ist Pflanzung von Lärche in die Bermen von Vorteil. Bei allen Maßnahmen ist die Naturverjüngung in die Schutzmaßnahmen zu integrieren.

BFT5cgr_L: Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte - Schneelagen

Waldvegetationszone: kühle Mischwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie L* nimmt 6.944 ha ein und ist somit die zweitgrößte Schneelagen-Standortseinheit (Tab. 15.8). Der Buchen-Fichten-Tannenwald auf sehr frischen Karbonatstandorten ist ausschließlich in der kühlen Mischwaldzone verbreitet. Die meist dominante Buche prägt die aufgrund des Schneekriechens säbelwüchsigen Waldbestände.

Böden: Rendzina, Kalklehm-Rendzina und Kalkbraunlehme, selten Braunerden; stets auf Karbonatgesteinen und auf basenreichen Silikatgesteinen (dort treten die Braunerden auf).

Baumarten: Buche dominant; Lärche oft subdominant; Berg-Ahorn, Tanne und Fichte beigemischt; Berg-Ulme und Vogelbeere vereinzelt

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend. Gezielte Wildstandsanpassungen machen Sinn, um die Entwicklung der Naturverjüngung auf den Schneelagen-Standorten zur Gewährleistung der Schutzwaldfunktion sicherzustellen. Unter Umständen ist die aktive Pflanzung von Buche und Lärche zu empfehlen, was aber unter Anwendung von mechanischen Schutzbauten, Dreibeinböcken oder Bermen zu erfolgen hätte (Schutz vor der Entwurzelung durch Schneeschub). Die Integration der Naturverjüngung ist eine kostengünstige Alternative und sollte jedenfalls mitberücksichtigt werden.

15.8 Krummholz-Standorte

in der milden Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone

Tabelle 15.9: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie K, Krummholz-Standorte (Krummholz)*** in der milden Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasser-haushalt	Verbreitung
LAT456c_K	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	frisch bis feucht	14.156 ha / 51,7 %
LAT23cg_K	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig trocken und mäßig frisch	138 ha / 0,5 %
LAT456ue_K	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	frisch bis feucht	7.793 ha / 28,5 %
GRE456grm_K	basengesättigt, basenreich und mäßig basenhaltig	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerde-reich und basenreiche bis intermediäre Silikatgesteine	frisch bis feucht	5.071 ha / 18,5 %
BU45cg_K	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	frisch und sehr frisch	178 ha / 0,7 %
Kategorie „G“ - Gebüsche				
G456c_K	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	frisch bis feucht	4 ha / < 0,01 %
G23cg_K	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig trocken und mäßig frisch	0 ha / 0,0 %
G456grm_K	basengesättigt, basenreich und mäßig basenhaltig	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdereich und basenreiche bis intermediäre Silikatgesteine	frisch bis feucht	1 ha / < 0,01 %
G23rm_K	basenreich und mäßig basenhaltig	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig trocken und mäßig frisch	3 ha / < 0,01 %
G23ue_K	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	mäßig trocken und mäßig frisch	2 ha / < 0,01 %
G456ue_K	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	frisch bis feucht	1 ha / < 0,01 %

Kurzcharakteristik

Verbreitung

Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie K, Krummholz-Standorte*** in der milden Laubwaldzone bis sehr kalten Nadelwaldzone kommt auf 27.347 ha vor, was rund 2,5 % der Waldfläche der Steiermark entspricht. Durch den Abgleich von Waldlayern mit unterschiedlicher Information zum Waldbestand konnte die Ausweisung von Krummholz-Flächen (Grün-Erlen- und/oder Latschenbestände) auf Basis von Orthophotos und topographischen Layern unterstützt werden. Die Krummholz-Standorte sind vor allem in den steirischen Kalkalpen weit verbreitet, aber auch die silikatischen Gebirge weisen ausgedehnte Krummholz-Bestände auf. Die Latsche gedeiht auf Karbonatgesteinen und basenarmen Silikatgesteinen, während die Grün-Erle basengesättigte (feinerdereiche) Karbonatgesteine oder basenreiche bis basenhaltige Silikatgesteine benötigt. Demnach sind die Krummholz-Standorte in allen Gebirgslagen der Steiermark verbreitet.

Baumartenspektrum

LAT456c_K: Latsche dominant; vereinzelt Fichte, Lärche, Zirbe, Vogelbeere, sowie Tanne und Berg-Ahorn von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone.

LAT23cg_K: Latsche dominant, vereinzelt Fichte, Lärche, Zirbe, Vogelbeere, sowie Tanne und Berg-Ahorn nur von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone.

LAT456ue_K: Latsche dominant; vereinzelt Fichte, Lärche, Zirbe und Vogelbeere.

GRE456grm_K: Grün-Erle dominant; beigemischt Vogelbeere, sowie Berg-Ahorn (nur von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone); vereinzelt Großblatt-Weide, Fichte, Lärche, sowie Tanne (nur von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone).

BU45cg_K: Legbuche dominant (strauchförmige Buche); Berg-Ahorn, Tanne, Vogelbeere, Großblatt-Weide beigemischt.

G_K: Für die konstruierten Gebüsch-Standorte können keine Angaben zum Baumartenspektrum gemacht werden.

Gastbaumarten

Für die Krummholz-Standorte können keine geeigneten Gastbaumarten genannt werden.

Erscheinungsbild

Die Flächen der *Sonderwaldstandorts-Kategorie K* erstrecken sich von der milden Laubwaldzone bis zur sehr kalten Nadelwaldzone. Das gemeinsame Erscheinungsbild ist auch namensgebend, es handelt sich um Krummholz-Bestände, also Buschwälder in den Gebirgslagen der Steiermark. Die Wuchshöhe dieser Buschwälder variiert je nach Standort zwischen einem halben Meter und 3-6 m für Latsche und Grün-Erle. Innerhalb der dominanten Latsche oder Grün-Erle treten vereinzelt die angeführten Mischbaumarten auf, welche die Buschwaldebene deutlich überragen. Trotzdem erreichen die vereinzelten Baumindividuen nur geringe Wuchshöhen, je nach Standort zwischen 2 m und 8 m. Auf Standorten im Übergangsbereich zu Hochwäldern

können die Wuchshöhen der vereinzelten Mischbaumarten allerdings deutlich höher sein, dort kommt es auch zur allmählichen Ausdunkelung der Krummhölzer und damit zum Übergang in Hochwald-Stadien.

Es ist anzumerken, dass neben Latschen- und Grün-Erlen- Buschwald auch Buchen-Buschwald (Legbuchen) ausgeschieden wurde.

Darüber hinaus wurde die Kategorie „Gebüsch“ (= G) gebildet, und zwar für solche Standorte, wo heute nicht klar erkennbar ist, in welche Kategorie von Krummholz sich der aktuelle Buschwald in der Klimazukunft entwickeln wird. Es ist aber davon auszugehen, dass ein heutiger Latschenbuschwald auch unter Klimaszenarien von Latsche dominiert bleibt (Persistenz der Buschwald-Standortseinheiten Latsche, Grün-Erle und Legbuche).

LAT456c_K: Latschenbuschwald-Standorte, Karbonat, frisch bis feucht

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie K* nimmt 14.156 ha ein und ist somit die großflächigste Krummholz-Standortseinheit (Tab. 15.9). Der frische bis feuchte Karbonat-Latschenbuschwald ist in den Kalkalpen von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kalten Nadelwaldzone verbreitet. Die dominante Latsche prägt die Buschwälder verschiedenster Ausprägung. Die verschiedenen beigemischten Baumarten treten je nach Standort in verschiedener Anteilen und Wuchshöhen auf. Besonders auf den höhergelegenen Standorten (kalte und sehr kalte Nadelwald-Zone) ist zumeist Latsche in Reinbeständen ausgebildet. Vor allem die Waldgrenze wird in der Regel von dieser Sonderstandortseinheit gebildet, sie tritt aber oftmals auch auf tiefergelegenen, insbesondere feinerdearmen Standorten auf. Die Schutzwaldfunktion ist bei dieser Standortseinheit von zentraler Bedeutung.

Böden: Rendzina und Kalklehm-Rendzina auf feinerdearmen Karbonatgesteinen (Kalke und Dolomite); Tangelhumus-Auflagen sind verbreitet und können große Mächtigkeiten aufweisen.

Baumarten: Latsche dominant; vereinzelt Fichte, Lärche, Zirbe, Vogelbeere; Tanne und Berg-Ahorn nur von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone.

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend. Vereinzelte Nutzungen zur Gewinnung von Latschen-Kiefernöl oder Brennholz (für Almen) sind zu erwähnen.

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktion des Karbonat-Latschenbuschwaldes ist zentral. In allen Fällen ist die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich viele weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise Steinschlagschutz, Wasser-Ressourcenschutz oder Schutz vor Murenabgängen.

LAT23cg_K: Latschenbuschwald-Standorte, Karbonat, mäßig trocken bis mäßig frisch

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie K* nimmt 138 ha ein und ist somit die kleinste Latschen-Standortseinheit (Tab. 15.9). Der mäßig trockene bis mäßig frische Karbonat-Latschenbuschwald ist in den Kalkalpen von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kalten Nadelwaldzone verbreitet. Die dominante Latsche prägt die Buschwälder verschiedenster Ausprägung. Die verschiedenen beigemischten Baumarten treten je nach Standort in verschiedener Anteilen und Wuchshöhen auf. Besonders auf den höhergelegenen Standorten (kalte und sehr kalte Nadelwald-Zone) ist zumeist Latsche in Reinbeständen ausgebildet. Das kann aber auch auf besonders feinerdearmen tiefergelegenen Standorten der Fall sein. Die Kalkalpen der Steiermark sind stark durch die Karbonat-Latschenbuschwälder geprägt. Vor allem die Waldgrenze wird in der Regel von dieser Sonderwald-Standortseinheit gebildet, sie tritt aber oftmals auch auf tiefergelegene Standorten auf. Die Schutzwaldfunktionen sind von zentraler Bedeutung.

Böden: Rendzina und Kalklehm-Rendzina auf feinerdearmen und feinerdereichen Karbonatgesteinen (Kalke und Dolomite); Tangelhumus-Auflagen sind verbreitet und können große Mächtigkeiten aufweisen.

Baumarten: Latsche dominant; vereinzelt Rot-Kiefer, Fichte, Lärche, Zirbe, Vogelbeere, (Berg-Ahorn nur von der mäßig kühlen Mischwald-Zone bis zur sehr kühlen Nadelwald-Zone).

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend. Vereinzelte Nutzungen zur Gewinnung von Latschen-Kiefernöl oder Brennholz (für Almen) sind zu erwähnen.

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktion des Karbonat-Latschenbuschwaldes ist zentral. In allen Fällen ist die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich viele weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise Steinschlagschutz, Wasser-Ressourcenschutz oder Schutz vor Murenabgängen.

LAT456ue_K: Latschenbuschwald-Standorte, Silikat

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie K* nimmt 7.793 ha ein und ist somit die zweitgrößte Krummholz-Standortseinheit (Tab. 15.9). Der Silikat-Latschenbuschwald ist in den silikatischen Gebirgen von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kalten Nadelwaldzone verbreitet. Es ist aber hervorzuheben, dass die silikatischen Gebirgsmassive der Steiermark ausschließlich auf basenarmen Standorten (Basenklassen u und e) von Latsche besiedelt sind. Die dominante Latsche prägt die Buschwälder verschiedenster Ausprägung. Die verschiedenen beigemischten Baumarten treten je nach Standort in verschiedener Anteilen und Wuchshöhen auf. Besonders auf den höhergelegenen Standorten (kalte und sehr kalte Nadelwald-Zone) ist zumeist Latsche in Reinbeständen ausgebildet. Vor allem die Waldgrenze wird auf solchen Standorten von dieser Sonderwald-Standortseinheit gebildet. Die Schutzwaldfunktionen sind von zentraler Bedeutung.

Böden: Ranker, podsolige Braunerde, Semipodsol und Podsol auf rückstandsarmen intermediären und sauren Silikatgesteinen; Tangelhumus-Auflagen sind verbreitet und können große Mächtigkeiten aufweisen.

Baumarten: Latsche dominant; vereinzelt Fichte, Lärche, Zirbe und Vogelbeere.

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend. Vereinzelte Nutzungen zur Gewinnung von Latschen-Kiefernöl oder Brennholz (für Almen) sind zu erwähnen.

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktion des Silikat-Latschenbuschwaldes ist zentral. In allen Fällen ist die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich viele weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise Steinschlagschutz oder Schutz vor Murenabgängen.

GRE456grm_K: Grün-Erlenbuschwald-Standorte

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie K* nimmt 5.071 ha ein und ist somit die drittgrößte Krummholz-Standortseinheit (Tab. 15.9). Der Grün-Erlenbuschwald ist in den silikatischen Gebirgen auf basenreichen oder mäßig basenversorgten Grundgesteinen (Basenklassen r und m) und in den Kalkalpen auf feinerdereichen Karbonatstandorten (Basenklasse g) verbreitet. Er findet sich von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kalten Nadelwaldzone. Die der Grün-Erle beigemischten Baumarten treten je nach Standort in verschiedenen Anteilen und Wuchshöhen auf. Besonders auf den höhergelegenen Standorten bis zur Waldgrenze (kalte und sehr kalte Nadelwaldzone) ist zumeist Grün-Erle in Reinbeständen ausgebildet. Vor allem die Waldgrenze wirdauf solchen Standorten von dieser Sonderstandortseinheit gebildet. Die Schutzwaldfunktionen sind von zentraler Bedeutung.

Böden: Skelettreiche und oft pseudovergleyte Böden.

Baumarten: Grün-Erle dominant; beigemischt Vogelbeere, Berg-Ahorn (letzterer nur von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone); vereinzelt Großblatt-Weide, Fichte, Lärche und Tanne (letztere nur von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone).

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend.

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktion des Grün-Erlenbuschwaldes ist zentral. In allen Fällen ist die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich viele weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise Steinschlagschutz oder im Besonderen der Schutz vor Murenabgängen.

BU45cg_K: Legbuchenwald-Standorte

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone bis kühle Mischwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie K* nimmt 178 ha ein und ist somit eine kleinflächige Krummholz-Standortseinheit (Tab. 15.9). Der frische bis sehr frische Karbonat-

Legbuchenwald ist in den Kalkalpen von der mäßig kühlen Mischwaldzone bis zur kühlen Mischwaldzone verbreitet. Die dominante Legbuche (*Fagus sylvatica*) prägt die Buschwälder verschiedenster Ausprägung. Die Buche gedeiht in Strauchform, weil vor allem Lawineneinwirkung keine größeren Wuchshöhen erlaubt. Die Standorte sind selten aber eindrucksvoll (z.B. Ostabhang der Riegerin in der Hochschwab-Region). Die verschiedenen beigemischten Baumarten treten je nach Standort in verschiedenen Anteilen auf, die Wuchshöhen sind in der Regel aber identisch mit jener der Legbuche.

Böden: Rendzina, Kalklehm-Rendzina und Kalkbraunlehm auf feinerdearmen und feinerdereichen Karbonatgesteinen; Tangelhumus-Auflagen sind selten, häufiger ist der Mullhumus.

Baumarten: Legbuche dominant; vereinzelt Berg-Ahorn, Tanne, Vogelbeere und Großblatt-Weide.

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind nicht zielführend.

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktion des Karbonat-Legbuchenwaldes ist zentral. In allen Fällen ist die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich viele weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise Lawinenschutz, Steinschlagschutz, Wasser-Ressourcenschutz oder Schutz vor Murenabgängen.

Gebüsch-Standorte in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie K (Krummholz)*

Für einige Krummholz-Standorte können für die Klimazukunft keine sicheren Aussagen bezüglich der zukünftig vorherrschenden Krummholzart getätigt werden. Daher wurde für diese Standorte die konstruierte Kategorie „Gebüsch“ geschaffen (Kürzel „G“). Aufgrund der nicht vorhersehbaren Entwicklung werden keine Angaben zu den Gehölzarten dieser Waldstandortseinheiten gemacht. Es werden daher bloß die Standortseigenschaften dargelegt.

G456c_K: **Gebüsch-Standorte, Karbonat, frisch bis feucht**
WVZ: milde Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone

G23cg_K: **Gebüsch-Standorte, Karbonat, mäßig trocken bis mäßig frisch**
WVZ: milde Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone

G456grm_K: **Gebüsch-Standorte, Silikat basenreich und Karbonat, frisch bis feucht**
WVZ: milde Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone

G23rm_K: **Gebüsch-Standorte, Silikat basenreich, mäßig trocken bis mäßig frisch**
WVZ: milde Laubwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

G23ue_K: **Gebüsch-Standorte, Silikat basenarm, mäßig trocken bis mäßig frisch**
WVZ: milde Laubwaldzone bis sehr kalte Nadelwaldzone

G456ue_K: **Gebüsch-Standorte, Silikat basenarm, frisch bis feucht**
WVZ: milde Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone

15.9 Blockwald-Standorte

in der sehr milden Laubwaldzone bis sehr kühlen Nadelwaldzone

Tabelle 15.10: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie B, Blockwald-Standorte*** in der sehr milden Laubwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone.

Standorts-einheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt
Fm345cg_B	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig frisch bis sehr frisch
Fm345rm_B	basenreich und mäßig basenversorgt	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch bis sehr frisch
Fm345ue_B	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	mäßig frisch bis sehr frisch
LI345cg_B	carbonatisch und basengesättigt	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm und feinerdereich	mäßig frisch bis sehr frisch
LI345rm_B	basenreich und mäßig basenversorgt	basenreiche und intermediäre Silikatgesteine	mäßig frisch bis sehr frisch
KI345ue_B	basenarm	rückstandsarme intermediäre und saure Silikatgesteine	mäßig frisch bis sehr frisch

Kurzcharakteristik

Verbreitung und Charakteristika: Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie B, Blockwald-Standorte*** kommt in der Steiermark von der sehr milden Laubwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone vor (Tab. 15.10). Die Blockwald-Standorte sind dadurch charakterisiert, dass Gesteinsblöcke an oder nahe der Oberfläche vorhanden sind. Ihr Vorkommen ist daher an die Sedimentation von Gesteinsblöcken, welche zumeist durch das Zusammenstürzen von Felswänden (z.B. Felsstürze, Bergstürze) hervorgerufen worden sind, gebunden. Die für das Waldwachstum wesentlichen Feinerdekomponenten (Sand, Schluff und Ton) sind zumeist nur spaltengründig vorhanden. Bäume können vor allem auf Humus- oder Moospölstern keimen, zum weiteren Wachstum ist es notwendig, dass ihre Wurzeln spaltengründige Feinerde erschließen können. Die Böden (Gesteinsblock-Akkumulationen) sind als äußerst ungünstig für die Entwicklung von wuchskräftigen Bäumen zu bezeichnen. Aufgrund der widrigen Standortsbedingungen sind die Waldbestände auch zumeist Standortsschutzwälder.

Baumartenspektrum

Fm345cg_B: Lärche, Fichte, Tanne, Rot-Kiefer, Schwarz-Kiefer, Zirbe, Vogelbeere, Mehlbeere, Berg-Ahorn

Fm345rm_B: Lärche, Fichte, Tanne, Rot-Kiefer, Zirbe, Schwarz-Kiefer, Vogelbeere, Berg-Ahorn, Birke

Fm345ue_B: Lärche, Fichte, Tanne, Rot-Kiefer, Zirbe, Vogelbeere, Birke

LI345cg_B: Winter-Linde, Sommer-Linde, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Esche

LI345rm_B: Winter-Linde, Sommer-Linde, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Esche

KI345ue_B: Rot-Kiefer, Birke, Vogelbeere

Gastbaumarten Für die Blockwald-Standorte können keine geeigneten Gastbaumarten genannt werden.

Erscheinungsbild Die Flächen der *Sonderwaldstandorts Kategorie B* erstrecken sich von der sehr milden Laubwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone. Sie sind am Vorhandensein von Gesteinsblöcken am Waldstandort erkennbar. Diese Gesteinsblöcke können unterschiedliche Größen aufweisen. Wesentlich ist, dass Bodenbildungen mit Feinerde zumeist nur spaltengründig vorhanden sind.

Waldbau: Aktiv gestaltende Waldbaumaßnahmen sind zumeist nicht zielführend. Es handelt sich in der Regel um Schutzwald-Standorte. In Ausnahmefällen sind kleinflächige Nutzungen möglich, dabei ist auf das Gefährdungspotenzial durch die Gesteinsblöcke zu achten. In allen Fällen ist darauf zu achten, eine möglichst geschlossene Überschirmung zu erzielen und Nutzungen nur kleinflächig durchzuführen (Einzelbaum- bis Gruppen-Entnahmen).

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktionen der Blockwald-Standorte sind in allen Fällen vorherrschend. Alle sind zumindest Standorts-Schutzwälder, in vielen Fällen handelt es sich aber auch um Objekt-Schutzwälder, Wasser-Schutzwälder, Steinschlag- und Felssturz-Schutzwälder (Gesteinsblöcke bis hin zu großen Felsen = Palfen).

Die nachfolgenden Ausführungen gelten für die jeweils genannte Einheit:

Fm345cg_B: **Fichten-Blockwald, montan – auf Karbonat-Gesteinsblöcken**
Basenklassen carbonatisch und basengesättigt

Waldvegetationszone: mäßig milde Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Böden: Blockböden (Rendzinen, Kalklehm-Rendzinen)

Baumarten: Lärche, Fichte, Tanne, Rot-Kiefer, Zirbe, Schwarz-Kiefer, Vogelbeere, Mehlbeere, Berg-Ahorn

Die Mischungsverhältnisse sind äußerst unterschiedlich. Es kann auch sein, dass nur einzelne der genannten Baumarten auf einem Standort präsent sind. Hervorzuheben ist, dass manchmal alle fünf der genannten Nadelbaumarten gemeinsam stocken.

Fm345rm_B: **Fichten-Blockwald, montan – auf Silikat-Gesteinsblöcken**
Basenklassen basenreich und mäßig basenversorgt

Waldvegetationszone: mäßig milde Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Böden: Blockböden (Ranker)

Baumarten: Lärche, Fichte, Tanne, Rot-Kiefer, Zirbe, Schwarz-Kiefer, Vogelbeere, Berg-Ahorn, Birke

Die Mischungsverhältnisse sind äußerst unterschiedlich. Es kann auch sein, dass nur einzelne der genannten Baumarten auf einem Standort präsent sind. Hervorzuheben ist, dass manchmal alle fünf der genannten Nadelbaumarten (mit Ausnahme der Schwarz-Kiefer) gemeinsam stocken.

Fm345ue_B: **Fichten-Blockwald, montan – auf Silikat-Gesteinsblöcken**
Basenklassen basenunterversorgt und extrem basenarm

Waldvegetationszone: mäßig milde Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Böden: Blockböden (Ranker)

Baumarten: Lärche, Fichte, Tanne, Rot-Kiefer, Zirbe, Vogelbeere, Birke

Die Mischungsverhältnisse sind äußerst unterschiedlich. Es kann auch sein, dass nur einzelne der genannten Baumarten auf einem Standort präsent sind. Hervorzuheben ist, dass manchmal alle fünf der genannten Nadelbaumarten gemeinsam stocken.

Ll345cg_B: **Linden-Blockwald – auf Karbonat-Gesteinsblöcken**
Basenklassen carbonatisch und basengesättigt

Waldvegetationszone: sehr milde Laubwaldzone bis milde Laubwaldzone

Böden: Blockböden (Rendzinen, Kalklehm-Rendzinen)

Baumarten: Winter-Linde, Sommer-Linde, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Esche

Die Mischungsverhältnisse sind äußerst unterschiedlich. Es kann auch sein, dass nur einzelne der genannten Baumarten auf einem Standort präsent sind. Hervorzuheben ist, dass manchmal beide Lindenarten gemeinsam stocken.

Ll345rm_B: **Linden-Blockwald– auf Silikat-Gesteinsblöcken**
Basenklassen basenreich und mäßig basenversorgt

Waldvegetationszone: sehr milde Laubwaldzone bis milde Laubwaldzone

Böden: Blockböden (Ranker)

Baumarten: Winter-Linde, Sommer-Linde, Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn, Esche

Die Mischungsverhältnisse sind äußerst unterschiedlich. Es kann auch sein, dass nur einzelne der genannten Baumarten auf einem Standort präsent sind. Hervorzuheben ist, dass manchmal beide Lindenarten gemeinsam stocken.

Kl345ue_B: **Kiefern-Blockwald – auf Silikat-Gesteinsblöcken (Rot-Kiefer)**
Basenklassen basenunterversorgt und extrem basenarm

Waldvegetationszone: mäßig milde Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Böden: Blockböden (Ranker)

Baumarten: Rot-Kiefer, Birke

Die Mischungsverhältnisse sind äußerst unterschiedlich. Es kann auch sein, dass nur Rot-Kiefer auf einem Standort präsent ist.

15.10 Rutschungsstandorte (Rutschungen)

in der sehr milden Laubwaldzone bis sehr kühlen Nadelwaldzone

Tabelle 15.11: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie R, Rutschungsstandorte (Rutschungen)*** in der sehr milden Laubwaldzone bis sehr kühlen Nadelwaldzone.

Standortseinheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt
UA56grm_R	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	Karbonatgesteine, feinerdereich und basenreiche bis intermediäre Silikatgesteine	sehr frisch bis feucht
AE56grm_R	basengesättigt bis mäßig basenhaltig	Karbonatgesteine, feinerdereich und basenreiche bis intermediäre Silikatgesteine	sehr frisch bis feucht

Kurzcharakteristik

Verbreitung und Charakteristika: Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie R, Rutschungsstandorte*** kommt in der Steiermark von der sehr milden Laubwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone vor (Tab. 15.11). Die Rutschungsstandorte sind dadurch charakterisiert, dass es vor allem auf sehr steilen Unterhängen zu gravitativ bedingten Boden- und Gesteinsbewegungen kommt. Daraus resultieren die sporadisch bis selten auftretenden Rutschungen, welche die Standorte langfristig prägen. Die Ahornarten und die Berg-Ulme vermögen solche Standortsbedingungen gut auszuhalten und bevorzugen darüber hinaus basenreiche Standorte. Die periodischen Rutschungen verursachen die Akkumulation von Mineralstoffen (Basen), können also als klassische „Gewinnlagen" charakterisiert werden. Daher sind die genannten Baumarten durch die Standortsbedingungen in ihrem Vorkommen begünstigt.

Baumartenspektrum

UA56grm_R: Berg-Ulme, Berg-Ahorn, Vogelbeere, Tanne, Lärche, Fichte, (Esche)

AE56grm_R: Berg-Ahorn, Esche, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Berg-Ulme, Buche, Vogelbeere, Vogel-Kirsche, Tanne, Lärche, Fichte

Gastbaumarten: Für die Rutschungsstandorte können keine geeigneten Gastbaumarten genannt werden.

Erscheinungsbild Die Flächen der *Sonderwaldstandorts-Kategorie R* erstrecken sich von der sehr milden Laubwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone. Sie sind an folgenden Kennzeichen erkennbar: (A) es handelt sich um Unterhangstandorte oder Gräben; (B) in der Baumschicht und Krautschicht sind Berg-Ahorn, Berg-Ulme und Esche (in den Tieflagen) zumeist dominant; (C) es finden sich Zeichen von Rutschungen an der Lokalität des Standorts, wie etwa Schutt- oder Blockmaterial; (D) es sind die klassischen Zeigerpflanzen der Bodenvegetation vorhanden, wie etwa Hirschzunge (*Phyllitis scolopendrium*), Mondviole (*Lunaria rediviva*), Wald-Geißbart (*Aruncus dioicus*) oder Hochstauden.

UA56grm_R: Ulmen-Ahornwald-Standorte – Rutschungen

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie R* tritt in den höheren Lagen der Gebirge auf, wo die Berg-Ulme eine bessere Eignung als die Esche aufweist. Esche kommt aber zum Teil noch in den tieferen Lagen der mäßig kühlen Mischwaldzone vor.

Böden: Braunerde, Pseudogley, Stagnogley, Blockböden

Baumarten: Berg-Ahorn dominant; Berg-Ulme subdominant; Vogelbeere, Tanne, Fichte beigemischt; Esche und Buche beigemischt (ausschließlich in der mäßig kühlen Mischwaldzone)

Waldbau: Die Waldbestände in *Sonderwaldstandorts-Kategorie R* sind zumeist Standorts-Schutzwälder. Daher sind waldbauliche Eingriffe kleinflächig und schonend für den verbleibenden Waldbestand und den Waldboden auszuführen. Die Wüchsigkeiten der Baumarten sind aufgrund der zuvor erwähnten „Gewinnlagen" in der Regel sehr gut.

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktionen der Waldbestände in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie R* sind zentral. In allen Fällen ist die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich viele weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise Steinschlagschutz oder der Schutz vor Murenabgängen.

AE56grm_R: Ahorn-Eschenwald-Standorte – Rutschungen

Waldvegetationszone: sehr milde Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie R* tritt von den tieferen Lagen der Gebirge bis ins Hügelland und Grazer Becken auf, wo die Esche sehr gut geeignet ist und die Ahornarten (Berg-Ahorn, Spitz-Ahorn und Feld-Ahorn) verwendet werden können.

Böden: Braunerde, Pseudogley, Stagnogley, Blockböden

Baumarten: Berg-Ahorn (oder Spitz-Ahorn) und Esche dominant (in den tiefen Lagen ist auch Feld-Ahorn präsent); Berg-Ulme subdominant; Buche, Vogel-Kirsche, Tanne, Fichte beigemischt.

Waldbau: Die Waldbestände in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie R* sind zumeist Standorts-Schutzwälder. Daher sind waldbauliche Eingriffe kleinflächig und schonend für den verbleibenden Waldbestand und den Waldboden auszuführen. Die Wüchsigkeiten der Baumarten sind aufgrund der zuvor erwähnten „Gewinnlagen" in der Regel sehr gut.

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktionen der Waldbestände in der *Sonderwaldstandorts-Kategorie R* sind zentral. In allen Fällen ist die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich viele weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise Steinschlagschutz oder der Schutz vor Murenabgängen.

15.11 Schuttstandorte, durch Steinschlag oder Schutt
in der sehr milden Laubwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone

Tabelle 15.12: Übersicht der Waldstandortseinheiten in der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie S, Schuttstandorte (Steinschlag oder Schutt)*** in der sehr milden Laubwaldzone bis sehr kühlen Nadelwaldzone.

Standortseinheit	Basenklasse	Substrat	Wasserhaushalt
UA45c_S	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	frisch bis sehr frisch
AE45c_S	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	sehr frisch bis feucht
Fm234c_S	carbonatisch	Kalk- und Dolomitgesteine, feinerdearm	mäßig trocken bis frisch

Kurzcharakteristik

Verbreitung und Charakteristika: Die ***Sonderwaldstandorts-Kategorie S, Schuttstandorte (Steinschlag oder Schutt)*** kommt in der Steiermark von der sehr milden Laubwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone vor (Tab. 15.12). Die Schuttstandorte wurden nur auf karbonatischen Grundgesteinen (Kalke und Dolomite) modelliert und sind daher in von silikatischen Grundgesteinen geprägten Regionen der Steiermark nicht vorzufinden. Das hängt damit zusammen, dass die Kalke und Dolomite eine hohe Schutt- und Steinschlagdynamik aufweisen. Daher ist die *Sonderwaldstandorts-Kategorie S* nur im Bereich karbonatischer Grundgesteine anzutreffen, nämlich vor allem in den Nördlichen Kalkalpen der Steiermark, im Grazer Bergland und in den karbonatischen Bereichen im oberen Murtal (z.B. Grebenzen). Es werden zwei verschiedene Prozesse der Entstehung der ***Sonderwaldstandorts-Kategorie S*** unterschieden, welche auch relevant für die Ausscheidung der Sonderstandortseinheiten sind:

(A) Steinschlag: Standortsbedingungen, welche durch die kontinuierliche Einwirkung und folglich die Akkumulation von Steinschlagmaterial geprägt sind. Es stocken nur Baumarten, welche eine hohe Widerstandskraft gegen Steinschlagschäden aufweisen (z.B. Berg-Ahorn oder Lärche).

SoSto: ***AE45c_S*** ***UA45c_S***

(B) Schuttdynamik: Bewegte Schuttstandorte (Schuttkörper wie Schuttfächer, Schutthänge, Schuttflächen), wie sie zum Beispiel am Grimming sehr anschaulich und einprägsam ausgebildet sind. Es stocken vor allem Baumarten, welche die dynamische Bewegung der Schuttkörper auszuhalten vermögen. Diese Standorte können folglich vor allem von Lärche, Fichte oder Latsche dominant bestockt werden. Rot-Kiefer, Berg-Ahorn, Vogelbeere, Weidenarten und Wacholder treten zumeist nur beigemischt auf.

SoSto: ***Fm234c_S***

Baumartenspektrum

UA45c_S: Berg-Ulme, Berg-Ahorn, Lärche, Tanne, Vogelbeere, Latsche, (Esche)

AE45c_S: Berg-Ahorn, Esche, Spitz-Ahorn, Feld-Ahorn, Berg-Ulme, Tanne, Lärche, Buche, Vogelbeere, Vogel-Kirsche, Fichte, Latsche

Fm234c_S: Lärche, Fichte, Latsche, Rot-Kiefer, Berg-Ahorn, Vogelbeere, Weidenarten und Wacholder

Gastbaumarten Für Schuttstandorte können keine geeigneten Gastbaumarten genannt werden.

Erscheinungsbild Die Flächen der *Sonderwaldstandorts-Kategorie S* erstrecken sich von der sehr milden Laubwaldzone bis zur sehr kühlen Nadelwaldzone. Sie sind anhand folgender Merkmale erkennbar:

(A) Es handelt sich um Standorte, wo vermehrter Steinschlageinfluss am Waldboden (Akkumulation von Steinen) und an den Bäumen (Steinschlagwunden) erkennbar ist. Das sind Standorte der Kategorie „*Steinschlag*“.

(B) Es handelt sich um bewaldete Schuttstandorte. Die Schuttkörper können leicht erkannt und verschiedenen Typen zugeordnet werden, wie z.B. Schuttfächer, Schutthänge, geneigte Schuttflächen und breit ausgeformte Schuttrinnen. Allen gemeinsam ist, dass es sich um bewegte Schuttkörper (Gravitation) handelt. Das sind Standorte der Kategorie „*Schuttdynamik*“ (bewegte Schuttkörper).

Sowohl Standorte der Kategorie „Steinschlag“ als auch der Kategorie „bewegte Schuttkörper“ formen die ***Sonderwaldstandort-Kategorie S***. Um diese korrekt darzustellen, ist es wiederum notwendig, die einzelnen Sonderstandorte separat zu beschreiben. Es ist voranzustellen, dass nicht alle genannten Baumarten immer an jedem Standort auftreten können, was an der dynamischen Natur der Standorte liegt.

Kategorie Steinschlag

Waldbau: Die Waldbestände sind bei Einwirkung von Steinschlag in den Hochlagen und in den Tieflagen zumeist Standorts-Schutzwälder und klassische Objekt-Schutzwälder (z.B. für das Straßennetz oder die Siedlungsräume). Daher sind die waldbaulichen Strategien und Eingriffe dahingehend zu entwickeln, um die Schutzfunktionalität der Bestände aufrecht zu erhalten. Es ist neben der kleinflächigen und schonenden Ausführung dafür zu sorgen, dass der verbleibende Waldbestand und der durch Steinschlag geprägte Boden geschont werden.

Schutzwald: Wiederum sind die Schutzwaldfunktionen der Waldbestände zentral. In allen Fällen sind die Steinschlagschutzfunktion (= Objektschutz) und die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise der Schutz vor Murenabgängen oder Wasser-Ressourcenschutz.

UA45c_S: Ulmen-Ahornwald-Standorte – *Steinschlag (Schutt)*

Waldvegetationszone: mäßig kühle Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie S* tritt in höheren Lagen der Gebirge auf, wo Steinschlagdynamik als Schuttquelle spezifische Standortsbedingungen schafft.

Böden: Rendzinen, Kalklehm-Rendzinen, Kalkbraunlehme

Baumarten: Berg-Ahorn dominant; Berg-Ulme, Lärche und Tanne subdominant; Vogelbeere, Fichte beigemischt; (Esche und Buche ausschließlich in der mäßig kühlen Mischwaldzone beigemischt).

AE45c_S: Ahorn-Eschenwald-Standorte – *Steinschlag (Schutt)*

Waldvegetationszone: sehr milde Laubwaldzone bis mäßig milde Mischwaldzone

Diese Waldstandortseinheit tritt in tieferen Lagen der Gebirge, im Hügelland und im Grazer Becken auf, wo Steinschlagdynamik spezifische Standortsbedingungen schafft.

Böden: Rendzinen, Kalklehm-Rendzinen, Kalkbraunlehme

Baumarten: Berg-Ahorn (oder Spitz-Ahorn) und Esche dominant; Berg-Ulme, Feld-Ahorn, Lärche und Tanne subdominant; Buche, Vogelbeere, Vogel-Kirsche, Fichte oder Latsche meist beigemischt.

Kategorie Schutt

Fm234c_S: Fichtenwald-Standorte – montan – Schutt (Schutt)

Waldvegetationszone: mäßig milde Mischwaldzone bis sehr kühle Nadelwaldzone

Diese Waldstandortseinheit in *Sonderwaldstandorts-Kategorie S* tritt von den Tälern bis in die höheren Lagen der Gebirge auf, wo Schuttdynamik die spezifischen Standortsbedingungen schafft.

Böden: Schutt-Rendzinen

Baumarten: Entweder Fichte, Lärche oder Latsche dominant; Rot-Kiefer, Berg-Ahorn, Vogelbeere, Weidenarten und Wacholder zum Teil beigemischt

Waldbau: Die Waldbestände sind meist Standortschutzwälder. Daher sind waldbauliche Eingriffe auf Schuttkörpern zu minimieren. Wenn Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der

Schutzfunktion getroffen werden müssen, dann ist auf kleinflächige und schonende Ausführung zu achten, um den verbleibenden Waldbestand und den Schuttboden zu schonen.

Schutzwald: Die Schutzwaldfunktionen der Waldbestände sind zentral. In allen Fällen ist die Standortsschutzfunktion hervorzuheben, wenngleich weitere Schutzfunktionen relevant sind, wie beispielsweise der Schutz vor Murenabgängen (Schuttmuren) oder der Wasser-Ressourcenschutz.

16. Referenzen

Allgöwer, R. (2005): Der Biber, Castor Fiber. S. 181–189; In: Braun, M. & Dieterlen, F. [Hrsg.]. 2005: Die Säugetiere Baden-Württembergs. Band 2, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Hohenheim, 704 S.

Altenkirch, W., Bogenschütz, H. (2002). Waldschutz: Auf ökologischer Grundlage. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer.

Altieri, V., De Franco, S., Lombardi, F., Marziliano, P., Menguzzato, G., Porto, P. (2018). The role of silvicultural systems and forest types in preventing soil erosion processes in mountain forests: A methodological approach using cesium-137 measurements. Journal of Soils and Sediments, 18(12), 3378-3387.

Anfodillo, T., Rento, S., Carraro, V., Furlanetto, L., Urbinati, C., Carrer, M. (1998). Tree water relations and climatic variations at the alpine timberline: Seasonal changes of sap flux and xylem water potential in Larix decidua Miller, Picea abies (L.) Karst. and Pinus cembra L., Annales des Sciences Forestieres, vol. 55, no. 1-2, pp. 159-172.

Baig, M.N., Tranquillini, W. (1980). The effects of wind and temperature on cuticular transpiration of Picea abies and Pinus cembra and their significance in dessication damage at the alpine treeline, Oecologia, vol. 47, no. 2, pp. 252-256.

Barbeito, I., Dawes, M.A., Rixen, C., Senn, J., Bebi, P. (2012). Factors driving mortality and growth at treeline: A 30-year experiment of 92 000 conifers. Ecology, vol. 93, no. 2, pp. 389-401.

Boden, S., Pyttel, P., Eastaugh, C.S. (2010). Impacts of climate change on the establishment, distribution, growth and mortality of Swiss stone pine (Pinus cembra L.), IForest, vol. 3, no. JULY, pp. 82-85.

Brück-Dyckhoff, C., Petercord, R., Schopf, R. (2019). Vitality loss of European beech (Fagus sylvatica L.) and infestation by the European beech splendour beetle (Agrilus viridis L., Buprestidae, Coleoptera), Forest Ecology and Management, Volume 432, Pages 150-156, ISSN 0378-1127, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.001.

Butin, H. (2011). Krankheiten der Wald- und Parkbäume. Diagnose – Biologie - Bekämpfung. 4.Auflage. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.

Carrer, M., Soraruf, L., Lingua, E. (2013). Convergent space-time tree regeneration patterns along an elevation gradient at high altitude in the Alps, Forest Ecology and Management, vol. 304, pp. 1-9.

Cech, T.L. (2004). Nadelschütten der Lärche. Forstschutz Aktuell 32, BFW Wien.

Conedera, M., Colombaroli, D., Tinner, W., Krebs, P., Whitlock, C. (2017). Insights about past forest dynamics as a tool for present and future forest management in Switzerland, Forest Ecology and Management, vol. 388, pp. 100-112.

Conedera, M., Krebs, P., Gehring, E., Wunder, J., Hülsmann, L., Abegg, M., Maringer, J. (2021). How future-proof is Sweet chestnut (Castanea sativa) in a global change context?, Forest Ecology and Management, Volume 494, 2021, 119320, ISSN 0378-1127, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119320.

Eberhart, J. (2010): Schnee: drückt, kriecht, gleitet. Zeitschrift "Specht" der Stiftung Bergwaldprojekt 01/2010, S. 2-4.

Ebner, S., Scherer, A. (2017). Die wichtigsten Forstschädlinge: Insekten, Pilze, Kleinsäuger (5. Auflage. ed., Praxisbuch).

Fischer, M.A., Oswald, K., Adler, W. (2008). Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol, 3. Auflage. Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen, Linz.

FNR (2021): LEITFADEN ZUR AUWALDBEWIRTSCHAFTUNG, Eigenschaften der Baumarten, Anbaueignung und Beispiele von Oberrhein und Donau, p 48.

Frehner, M. (2005). Gebirgswaldbau – vom finanziellen Rückgrat der Berggemeinden zum Risikomanagement | Mountain forest management: Risk management of the financial backbone of mountain communities. Schweizerische Zeitschrift Für Forstwesen, 156(12), 516-520.

Fuchs, S., Schuldt, B., Leuschner, C. Identification of drought-tolerant tree species through climate sensitivity analysis of radial growth in Central European mixed broadleaf forests (2021) Forest Ecology and Management, 494, art. no. 119287. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119287

Gardiner, B., Peltola, H., Kellemäki, S. (1999) Comparison of two models for predicting the critical wind speeds required to damage coniferous trees. Ecological Modelling 129(1). pp: 1-23.

Graber, D. (1996). Die Kernfäuleschäden an Fichte (Picea abies Karst.) in der Schweiz nördlich der Alpen. Beih. Nr. 79 Schweiz. Z. Forstwesen. Zürich: 283 S.

Gregory, R.D., Willis, S.G., Jiguet, F., Vorisek, P., Klavanova, A., Van Strien, A., Huntley, B., Collingham, Y.C., Couvet, D., Green, R.E. (2009). An indicator of the impact of climatic change on European Bird Populations, PloS One 4 (3): e4678. - doi: 10.1371/journal.pone.0004678

Hättenschwiler, S., Körner, C. (1995). Responses to recent climate warming of Pinus sylvestris and Pinus cembra within their montane transition zone in the Swiss Alps. Journal of Vegetation Science vol.6., pp. 357-368.

Jactel, H., Bauhus, J., Boberg, J., Bonal, D., Castagneyrol, B., Gardiner, B., Gonzalez-Olabarria, J.R., Koricheva, J., Meurisse, N., Brockerhoff, E.G. (2017). Tree diversity drives forest stand resistance to natural disturbances. Curr For Rep 3:223–243.

Jönsson, A., Appelberg, G., Harding, S., Bärring, L. (2009). Spatio-temporal impact of climate change on the activity and voltinism of the spruce bark beetle, Ips typographus, Glob. Change Biol. vol. 15, pp. 486–499.

Kalberer, M. (2007). Waldwirkung gegenüber Steinschlag: Untersuchungen zur Quantifizierung und Optimierung der Schutzwaldleistung.

Kirchmeir, H. (2000). Der Wald im Klimawandel: Nachhaltige Waldentwicklung im sommerwarmen Osten Österreichs.

Koeck, R., Hochbichler, E., Vacik, H. (2018). Knowledge management strategies for drinking water protection in mountain forests (pp. 175-195) – In: Handbook of Knowledge Management Systems for Sustainable Water Systems (Editor: Meir Russ), Challenges in Water Management Series, Wiley.

Krapfenbauer, A. (1983). Von der Streunutzung zur Ganzbaumnutzung. Cbl. Ges. Forstw. 100 (2-3), pp. 143-174.

Kühne, C.; Röhrig, E.; Bartsch, N. (2005): Empfehlungen für die waldbauliche Behandlung der Auenwälder am Oberrhein. In: Waldbauliche Behandlung der Auenwälder am Oberrhein unter besonderer Berücksichtigung der Stieleiche (Quercus robur L.). Sauerländer Verlag; S. 4–6

Kunz, J., Löffler, G., Bauhus, J. Minor European broadleaved tree species are more drought-tolerant than Fagus sylvatica but not more tolerant than *Quercus petraea* (2018) Forest Ecology and Management, 414, pp. 15-27. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.02.016

Loranger, H., Zotz, G. & Bader, M.Y. (2016). Early establishment of trees at the alpine treeline: Idiosyncratic species responses to temperature-moisture interactions, AoB PLANTS, vol. 8.

Mayer, H., Ott, E. 1991. Gebirgswaldbau – Schutzwaldpflege. Stuttgart, New York. Fischer.

McKinney, S.T., Fiedler, C.E., Tomback, D.F. (2009). Invasive pathogen threatens bird-pine mutualism: implications for sustaining a high-elevation ecosystem, Ecological Applications vol. 19 (3), pp. 597-607.

Moning, C., Bussler, H., Müller, J. (2009). Ökologische Schlüsselwerte in Bergmischwäldern als Grundlage für eine nachhaltige Forstwirtschaft, Grafenau: Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald.

Müller-Kroehling, S.; Zollner, A. (2015): Moorschutz im Wald – gestern, heute, morgen. LWF aktuell 104, S. 21-25.

Netherer, S., Schopf, A. (2010) Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests—general aspects and the pine processionary moth as specific example. For. Ecol. Manage. Vol. 259, pp. 831–838.

Neuschulz, E.L., Merges, D., Bollmann, K., Gugerli, F., Böhning-Gaese, K. (2018). Biotic interactions and seed deposition rather than abiotic factors determine recruitment at elevational range limits of an alpine tree, Journal of Ecology, vol. 106, no. 3, pp. 948-959.

Nierhaus-Wunderland, D. und Forster, B. (1999). Zunehmendes Auftreten der Gefährlichen Tannentrieblaus. Wald und Holz 80 (10): S. 50 – 53.

Pluess, A., Augustin, S., Brang, P., Schweiz - Bundesamt für Umwelt (Hrsg. Organ). (2016). Wald im Klimawandel: Grundlagen für Adaptationsstrategien (1. Auflage. ed., Haupt Natur).

Pretzsch, H., Block, J., Dieler, J., Dong, P.H., Kohnle, U., Nagel, J., Spellmann, H., Zingg, A., (2010). Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. Annals of Forest Science 67: 1-12. http://dx.doi.org/10.1051/forest/2010037

Prien, S. (2016). Ökologischer Waldschutz. Für eine biozidfreie Waldwirtschaft. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.

Pyttel, P., Kunz, J., Großmann, J. Growth of Sorbus torminalis after release from prolonged suppression (2019) Trees - Structure and Function, 33 (6), pp. 1549-1557. DOI: 10.1007/s00468-019-01877-8.

Reventlow, D.O.J., Nord-Larsen, T., Biber, P. (2021). Simulating conversion of even-aged Norway spruce into uneven-aged mixed forest: effects of different scenarios on production, economy and heterogeneity. Eur J Forest Res. https://doi.org/10.1007/s10342-021-01381-0

Rickli, C., Graf, F., Gerber, W., Frei, M., Böll, A. (2004) Der Wald und seine Bedeutung bei Naturgefahren geologischen Ursprungs. In: Schutzwald und Naturgefahren. Forum für Wissen 2004. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Birmensdorf: 27-34.

Scherzinger, W. (1996). Naturschutz im Wald: Qualitätsziele einer dynamischen Waldentwicklung, Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.

Schmidt, M., Bayer, J., Kändler, G. (2005). Sturm „Lothar“ – Ansatz einer inventurbasierten Risikoanalyse. FVA-Einblick 2005 (2): 12-16.

Schüler, S. & Chakraborty, D. (2021). Limitierende Faktoren für den Douglasienanbau in Mitteleuropa im Klimawande. Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen. http://dx.doi.org/10.3188/szf.2021.0084.

Thomas, F.M., Sporns, K. (2009). Frost sensitivity of *Fagus sylvatica* and co-occurring deciduous tree species at exposed sites. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. Volume 204. Issue 1. Pages 74-81, ISSN 0367-2530, https://doi.org/10.1016/j.flora.2008.01.006.

Thomasius, H., Schmidt, P. (1996). Wald, Forstwirtschaft und Umwelt (Umweltschutz - Grundlagen und Praxis).

Thurm, E., Uhl, E., Pretzsch, H. (2016) Mixture reduces climate sensitivity of Douglas-fir stem growth, Forest Ecology and Management, Volume 376, Pages 205-220, ISSN 0378-1127, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.020.

Tiefenbacher, H. (2017): Ulmenwelke, Eichen- und Eschentriebsterben – Ein Auwald-Drama, dritter Akt. BFW-Praxisinformation 43, S. 22-26.

Ulber, M., Gugerli, F., Bozic, G. (2004). EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Swiss stone pine (Pinus cembra L.), International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, pp. 6.

Valinger, E., Fridman, J. (2011) Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. For Ecol Manag 262:398–403

Vittoz, P., Rulence, B., Largey, T., Freléchoux, F. (2008). Effects of climate and land-use change on the establishment and growth of Cembran pine (Pinus cembra L.) over the altitudinal treeline ecotone in the central Swiss Alps, Arctic, Antarctic and Alpine Research, vol. 40, pp. 225-232.

Zötl, G. (1831). Handbuch der Forstwirthschaft im Gebirge, Wien.


© R. Koeck



Glossar

Glossar

A

Absäumung → siehe *Saumschlagverfahren*

Altholz

Bestandesentwicklungsstufe von hiebsreifen Beständen mit einem Alter nahe oder über der Umtriebszeit. Altholzbestände von kulturellem Wert sind solche, welche die Kulmination ihres Höhen- und Dickenzuwachses bereits überschritten haben, aber aufgrund diverser Gründe (Naturschutz, Szenerie, Schutzgebiete) ein sehr hohes Alter erreichen dürfen.

Anpassungsfähigkeit

Anpassungsfähigkeit ist ein wichtiges Attribut im Klimawandel. In Waldökosystemen beschreibt sie das Ausmaß und die Geschwindigkeit, mit der sich ein Waldbestand an veränderte Umweltbedingungen anpassen kann. Sie kann durch waldbauliches Handeln unterstützt werden, wie etwa durch den gezielten Anbau verschiedener Baumarten, die mit erwarteten Klimabedingungen gut zurechtkommen, aber auch durch das gezielte Fördern von entsprechenden Baumarten im bereits existierenden Bestand. Grundsätzlich gilt, dass Vielfalt an Baumarten, Struktur und Alter die Anpassungsfähigkeit von Waldbeständen unterstützen kann. Hier kann insbesondere auf Baumarten hingewiesen werden, die sowohl unter heutigen als auch unter zukünftigen Klimabedingungen eine hohe *Baumarteneignung* aufweisen. Diese können den Anpassungsprozess durch ihre Kontinuität erleichtern.

Auslesedurchforstung

Eine starke Hochdurchforstung, bei der relativ früh eine bestimmte Zahl an Zukunftsbäumen in Abhängigkeit der Baumart und der gewählten Endbaumzahl ausgewählt und markiert wird. Die nach spezifischen Kriterien (u.a. Baumart, Zustand, Kronenlänge) ausgewählten Z-Bäume werden durch Entnahme des bzw. der stärksten Konkurrenten (Bedränger) laufend gefördert. Die Auslesedurchforstung ist zur kontinuierlichen Pflege von Waldbeständen zur Verbesserung der Wuchs- und Wertleistung sowie von Stabilität und Vitalität geeignet.

Azonale Vegetation

Vegetation, die in mehreren Zonen mit verschiedenem Allgemeinklima in ungefähr gleicher Form auftritt, weil sie von den gleichen Bodenfaktoren (z.B. Wasser) geprägt wird. Beispiel: Erlen-Bruchwälder, Moore, Schwemmland. In der Dynamischen Waldtypisierung lassen sich alle Sonderwald-Standorte der Kategorie azonale Vegetation zuordnen (siehe auch Ausführungen unter „Zonalität“).

B

Basensättigung [%] / Basenklasse

Unter Basensättigung wird der prozentuelle Anteil basischer Kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} und Na^{+}) an der Kationenaustauschkapazität verstanden. Sie steigt mit zunehmendem pH-Wert des Bodens und ist ein wichtiger Kennwert zur Beurteilung der Trophie von Böden und für die Bodenklassifikation. Die Basenklasse repräsentiert die **Nährstoff-Achse** im Standortsmodell. Die Basenklassen geben Auskunft über die Basensättigung in Prozent:

carbonatisch (c):	> 90 % Basensättigung
basengesättigt (g):	> 90 % Basensättigung
basenreich (r):	60 – 90 % Basensättigung
mäßig basenhaltig (m):	35 – 60 % Basensättigung
basenunterversorgt (u):	8 – 35 % Basensättigung
extrem basenarm (e):	< 8 % Basensättigung

Darüber hinaus werden noch folgende Mischformen unterschieden: carbonatisch-basengesättigt (cg), basenreich-basenhaltig (rm), basengesättigt-basenhaltig (grm), basenarm (ue). Die charakteristische Abfolge von Basenklassen über Horizonte oder Schichten im Bodenprofil wird als Basenverlaufstyp bezeichnet.

Baumarteneignung

Jede Baumart hat gewisse Ansprüche an die Wärme-, Wasser- und Nährstoffversorgung, um auf einer *Waldstandortseinheit* gedeihen zu können. Die Eignung einer Baumart für eine bestimmte Kombination der einzelnen Standortfaktoren wird durch die physiologischen Ansprüche der Baumart, das Ausmaß der am jeweiligen Standort gegebenen Versorgung und der Berücksichtigung von möglichen Risikofaktoren (u.a. bodenbedingte Prädisposition gegenüber Windwurf, Trockenstress, Borkenkäferbefall) an diesem Standort charakterisiert. Die Eignung wird ausgedrückt durch einen Zahlenwert zwischen 0,1 und 10, wobei „10“ die höchste Eignung bezeichnet. Grundsätzlich wird ab einem Wert von „5“ von einer guten und ab dem Wert von „8“ von einer sehr guten Eignung gesprochen. Eignungswerte zwischen 2 und 4,9 werden als „mäßig“, Eignungswerte kleiner 1,9 werden als „nicht geeignet“ bezeichnet.

Baumholz

Bestandesentwicklungsstufe von älteren Beständen nach der Stangenholzphase über 20 cm BHD; es wird von geringem (20-30 cm), mittlerem (25-50) und stärkerem (über 50 cm) Baumholz gesprochen.

Bestand

Kollektiv von stehenden Bäumen, die in gegenseitiger Wechselwirkung stehen. Der Bestand ist hinsichtlich Standortseigenschaften, Artenzusammensetzung, Entwicklungszustand, Alter, Struktur und Aufbau meist einheitlich und stellt daher die kleinste Einheit für die Planung und Durchführung forstlicher Maßnahmen dar. Die Größe muss ausreichen, um ein typisches Innenklima zu entwickeln, in der Regel über 1 ha.

Bestockungsgrad

Verhältnis der Bestandesgrundfläche zwischen tatsächlicher Bestockung und den Angaben zur vollbestockten Grundfläche der Ertragstafel.

Bestockungsziel

Aufbau der künftigen Zielbestockung in der Baumholz- und Altholzstufe nach Mischung (Anteil der Baumarten nach Vorrat) und Struktur (Baumarten im Haupt- und Nebenbestand). Angabe meist in Zehntel (oder Prozentwerten).

Bodenart – Bodenschwereklasse

Ergibt sich aus der Verteilung der Korngrößen im Boden, auch „Textur“. Sehr geringe Korngrößen führen zu einer sehr schweren (z.B. Ton), intermediäre Korngrößen zu einer mittleren (Schluff) und sehr große Korngrößen zu einer sehr leichten Bodenart (z.B. Sand).

Bodenmächtigkeit [cm]

Beschreibt die Mächtigkeit des durchwurzelbaren Mineralbodens (in Zentimetern).

Bodentyp

Durch spezifische Prozesse der Bodenbildung entstandene Erscheinungsform des Bodens. Gibt Auskunft über den zu erwartenden Aufbau und die Eigenschaften der Bodenhorizonte (z.B. Braunerde, Gley, Rendzina).

Bodenverwundung

Oberflächliche Bodenbearbeitung mit Rechen, Fräsen oder Grubbern zur Durchmischung des Oberbodens mit der Humusauflage zwecks Verbesserung der Ansamungsbedingungen für die Naturverjüngung, vor allem für Rohbodenkeimer tauglich (Lärche, Kiefernarten, etc.). Auch als Vorbereitung zur Einbringung von Saat ist eine Bodenbearbeitung (Plätzeweise, flächig) empfehlenswert.

Brusthöhe

Wird oft als Höhenmaß für die Bestimmung des Durchmessers eines Baumes verwendet. Dabei wird in ca. 1,3 Meter Höhe mit einer Messkluppe der Durchmesser des betroffenen Baums ermittelt. Daraus leitet sich auch der Begriff Brusthöhendurchmesser (BHD) ab.

D

Dauer der Vegetationsperiode in Tagen

Dauer der längsten durchgehenden Periode mit einer Tages-Mitteltemperatur von mindestens 5°C. Frühere und spätere Perioden werden miteinbezogen, falls diese länger als die Summe der dazwischenliegenden Tage unter 5°C sind.

Dauerwald

Bezeichnet eine Bewirtschaftungsform, bei der eine zeitlich und räumlich kontinuierliche Bestockung eines Standortes gewährleistet wird. Für Schattbaumarten können dazu vor allem Einzelstamm-Entnahmen getätigt werden. Dauerwald-Systeme für Lichtbaumarten oder die Integration von Lichtbaumarten benötigen als Verjüngungsverfahren großflächigere Eingriffe (z.B. Lochhiebe mit 1-2 Baumlängen Durchmesser). Ziele von Dauerwaldsystemen sind unter anderem eine höhere Bestandesstabilität, Resilienz, Naturnähe und ein kontinuierlich wirksamer Bodenschutz.

dGZ100 [Vfm/ha/Jahr]

Ist der durchschnittliche Gesamtzuwachs, der sich aus Gesamtwuchsleistung/Alter für eine unterstellte Umtriebszeit (z.B. 100 Jahre dGZ100) errechnet. Der dGZ stellt die nachhaltig jährlich zuwachsende und nutzbare Masse - bei einer der Ertragstafel annähernd entsprechenden Bestandesentwicklung - dar. Er entspricht dem Soll-Zuwachs und dem Normalhiebssatz bei ausgeglichenem Altersklassenverhältnis.

Dickung

Bestandesentwicklungsstufe über 1,3 m Höhe bis ca. 10 m Bestandeshöhe mit beginnendem Kronenschluss (ausgenommen Aufforstungen im Weitverband). Der durchschnittliche BHD liegt hierbei unter 10 cm.

Dickungspflege

Maßnahmen der negativen Auslese (Entfernen und Zurückdrängen von Individuen, welche der gewünschten Form nicht entsprechen, sowie unerwünschter Baumarten) und der positiven Auslese wie Mischungsregelung, Auflockerung und Kronenpflege.

Durchforstung

Entnahme von Bäumen im Rahmen der Bestandespflege zur Erweiterung des Wuchsraumes und damit zur Verbesserung der Qualität des verbleibenden Bestandes, zur Begünstigung von Mischbaumarten und zur Holznutzung. Durch diese Maßnahme werden Stabilität und Vitalität des Bestandes verbessert sowie die künftige Wertleistung positiv beeinflusst. Durchforstungen können hinsichtlich der Durchforstungsart, der Intensität und des Intervalls charakterisiert werden. Je nach Zielsetzung können dabei z.B. Nieder- oder Hochdurchforstung unterschieden werden.

Durchlässigkeit [mm/d]

Maß für die Menge an Wasser, die in einem Tag den Boden passieren kann.

E

Eignungsgebiet

Gebiet, in dem eine bestimmte Baumart eine gute bis sehr gute Standortstauglichkeit bzw. Baumarteneignung aufweist.

Einzelmischung

Beschreibt das Vorkommen mehrerer Baumarten in einem Waldbestand. Treten sie in Einzelmischung auf, können mehrere unterschiedliche Baumarten ohne räumliche Aggregation einzeln in einem Waldbestand verteilt sein.

Endnutzung

Nutzungen, die im Zeitraum der forstlichen Umtriebszeit des Bestandes liegen oder durch einen bestimmten Zieldurchmesser definiert sind. Nutzungen, die zur Bestandesverjüngung führen, sind zur Endnutzung zu rechnen.

Erosion

Unter Bodenerosion werden die Ablösung und Transport von Bodenteilchen entlang der Bodenoberfläche verstanden. Je nach Transportmedium wird zwischen Wasser und Winderosion unterschieden. Sonderformen sind Schneeschurf, Massenversatz und Umlagerungen durch menschliche Bearbeitung. Die Folgen sind verminderte Gründigkeit und eine verringerte Wasser- und Nährstoffkapazität. Die Produktivität eines Standorts wird dadurch beeinträchtigt. Im Extremfall kann es zu völligem Bodenverlust und einem Abrutschen des Bodens kommen (Muren, Hangrutschungen).

Ertragstafel

Die modellmäßige Darstellung der Entwicklung des Holzvorrates eines Bestandes von Holzarten, getrennt nach Ertragsklassen oder Bonitäten unter bestimmten Bedingungen der waldbaulichen Bestandesbehandlung. Sie ist das Ergebnis einmaliger oder wiederholter Aufnahmen einer Anzahl von ausgewählten Einzelprobeflächen, die nach Alter und Standort gestreut sind. Die enthaltenen Angaben über den Wuchsverlauf sind Mittelwerte aus statistisch meist heterogenem Material, deren Anwendbarkeit für einen konkreten Bestand sorgfältig zu prüfen ist.

Exposition

Typische, vorwiegende Ausrichtung des Waldgeländes bezogen auf die vier Himmelsrichtungen von Nord, über Ost und Süd nach West. Sie gibt auch Auskunft über die zu erwartende Wärmeversorgung.

Extrazonale Vegetation

Das sind Waldgruppen, welche außerhalb der durch die Waldvegetationszonen und damit der Klimaachse definierten zonalen Waldgruppen auftreten, folglich sind sie extrazonal. Sie sind meist kleinflächiger ausgebildet als die großen zonalen Waldgruppen. Ihr Auftreten wird durch abweichende Standortsmerkmale wie etwa saure Silikatgesteine oder mäßig trockene Wasserhaushaltsstufen bedingt. Somit umspannen die extrazonalen Waldgruppen mehrere Waldvegetationszonen. Beispiele hierfür sind die *Waldgruppe FTK* (Fichten-Tannen-Kiefernwald-Standorte auf sauren Silikatgesteinen), die *Waldgruppe FKB* (Fichten-Kiefern-Buchenwald-Standorte auf mäßig trockenen Standorten) oder die *Waldgruppe EIK* (Eichen-Kiefernwald-Standorte auf feinerdereichen intermediären oder sauren Silikatgesteinen). (Siehe auch die Ausführungen unter „Zonalität“).

F

Femelung / Femelhieb

Im ersten Schritt wird eine gruppenweise, ungleichmäßige Schirmstellung angestrebt, um Mischbestände aus Schatt- und Halbschattbaumarten zu begründen. An die Gruppenschirmstellungen schließen Rändelungshiebe an, welche eine ständige Ausweitung der Verjüngungskerne ermöglichen. Ist die ganze Fläche verjüngt, wird durch Räumungshiebe der Altholzschirm entfernt.

Frosttrocknis

Bei gefrorenem Boden und hoher Sonneneinstrahlung mit erhöhter Lufttemperatur beginnt die Assimilation der Nadeln des Nadelbaumes, ohne dass eine Wasserzufuhr aus dem Boden möglich ist. Daher kommt es zu Trockenstress.

G

Geländeform

Die Geländeform (auch „Relief“) beeinflusst u.a. die Nährstoff- und Wasserversorgung der Standorte, sowie die Gefährdung gegenüber Windeinfluss. Im Rahmen der Waldtypisierung wird dabei unterschieden nach: Kuppe/Riedel, Oberhang, Mittelhang, Unterhang, Ebene Lage, Graben.

Grundgestein

Für einen Waldstandort charakteristische Gesteinsgrundlage (zumeist die Grundlage für die Bodenbildung).

Gruppenmischung

Beschreibt das Vorkommen mehrerer Baumarten in einem Waldbestand. Bei der Gruppenmischung ist die Fläche mit bis zu einem Durchmesser der umgebenden Bestandeshöhe mit einer einzigen Baumart bestockt, das sind in der Regel mehr als 5 Bäume.

H

Hangneigung

Die Hangneigung nimmt Bezug auf die Flachheit oder Steilheit des Geländes und wird in Prozent ausgedrückt. Eine Hangneigung von 100 % entspricht einem Winkel von 45°. Die Hangneigung kann auch Auskunft über die zu erwartende Wasserversorgung geben.

H/D-Wert

Der H/D-Wert wird oft als Maß für die mechanische Einzelbaumstabilität oder als Mittel für die Bestandesstabilität herangezogen. Der Wert berechnet sich aus dem Verhältnis von Höhe [m] zu Durchmesser [cm] in Brusthöhe (Durchmesser in 1,3 m über Boden). Je niedriger der H/D-Wert, desto stabiler ist der Baum gegenüber Windeinwirkung und Schneelast. Bäume mit H/D-Wert unter 80% gelten als stabil.

Horstmischung

Beschreibt das Vorkommen mehrerer Baumarten in einem Waldbestand. Kommt eine Baumart mit einer Fläche von ca. 1000-5000 m² vor, wobei der Durchmesser mindestens der Oberhöhe im Baumholz entspricht, dann spricht man von einer Horstmischung.

Höhenstufen

Klimatische Höhenstufen sind vertikal gestaffelte Naturräume, deren Aufbau (Oberflächenformen und Prozesse, Pflanzen- und Tierwelt) sich mit steigender Seehöhe und damit abnehmenden Temperaturen (thermischer Höhengradient) sowie niederschlagsbedingt an Höhengrenzen ändert. Für die Europäischen Alpen wird eine geographisch orientierte Höhenstufenbenennung von planar (Ebene) über collin zu montan und subalpin verwendet, die außerhalb des Waldgürtels durch die Stufen alpin und nival ergänzt wird. Aufgrund des Klimawandels werden diese Höhenstufen jedoch so stark verändert und verschoben, dass eine Verwendung dieser Benennungen – speziell für Projektionen zukünftiger Verhältnisse nicht angebracht erscheint. Daher werden im vorliegenden Projekt Waldvegetationszonen (= Klimazonen) definiert und verwendet.

Humus

Humus bezeichnet die tote organische Bodensubstanz. Man unterscheidet dabei Auflagehumus (> 35 Masse-% organische Substanz) und Mineralbodenhumus (Organische Substanz in den Mineralbodenhorizonten, < 35 Masse-% organische Substanz). Die Humusform ist ein Indikator für die Geschwindigkeit der Umsetzung des organischen Materials.

J

Jungwuchs

Bestandesentwicklungsstufe vom Beginn der Bestandesverjüngung durch Anflug, Aufschlag oder Kultur bis zum beginnenden Bestandesschluss oder 1,3 m Höhe bei Aufforstungen im Weitverband. In den Instruktionen der Feldarbeit zur Österreichischen Waldinventur wird dabei auch zwischen Jugend I und Jugend II unterschieden (ab einer Höhe von 0,5 m bis zum geschlossenen Bestand mit einer Höhe von ca. 5 m).

K

Kahlschlag / Kleinkahlschlag

Flächige Nutzungen mit mehr als einer Baumlänge Breite und bis zu 0,2 ha im Schutzwald oder 0,5 ha im Wirtschaftswald werden als Kleinkahlschlag bezeichnet, größere als Kahlschlag. Die ökologischen Bedingungen auf der entstandenen Fläche entsprechen dabei einem Freiflächenklima.

Klimatische Wasserbilanz

Ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag und Verbrauch (= Transpiration) durch die Vegetationsbedeckung.

Klimawandel

Der Klimawandel ist vor allem auf den erhöhten Ausstoß von Treibhausgasen durch menschliches Handeln zurückzuführen. Im Zuge der resultierenden globalen Erwärmung kommt es in Österreich zu einer erhöhten mittleren Jahrestemperatur, zu längeren Hitzeperioden, sowie zu einer saisonal und räumlich veränderten Verteilung des Jahresniederschlags. Dabei können häufigere, starke, lokal begrenzte Niederschlagsereignisse (Starkregen, Hagel) auch schwere Schäden (direkt mechanisch, aber auch indirekt durch Überflutungen, Muren, etc.) verursachen. Regionale Dürren schwächen die Widerstandskraft der Vegetation gegenüber Schaderregern und erhöhen die Waldbrandgefährdung. Die erhöhte Temperatur führt zu einem Verlust des Permafrostes in Hochlagen, was wiederum die Gefahr für Steinschlag und sogar Bergstürze erhöht. Die möglichen zukünftigen Veränderungen werden durch Szenarien beschrieben, welche unterschiedliche Treibhausgaskonzentrationen und Strahlungsantriebe unterstellen. Im Rahmen der dynamischen Waldtypisierung wurde von zwei *repräsentativen Konzentrationspfaden* (Representative Concentration Pathways, *RCPs*) ausgegangen, dem RCP 4.5 und dem RCP 8.5. Die RCPs geben dabei an, wie sich die Treibhausgas- und Aerosolkonzentrationen entwickeln müssen, um ein bestimmtes Klima zu erreichen.

Klimazone → siehe *Waldvegetationszone*

Konkurrenzvegetation

Übermäßig dicht entwickelte Gras-, Kraut- oder Strauchvegetation kann die Entwicklung der Naturverjüngung beeinträchtigen und folglich das Wachstum der Jungpflanzen bremsen oder sogar verhindern. Es kann zur sogenannten „Verdämmung“ der Naturverjüngung kommen.

L

Lawinen

In Lawinenbahnen werden in der Regel alle Bäume durch die zu Tal fahrenden Schneemassen umgedrückt, geknickt oder ausgerissen. Einige Baumarten wie etwa Lärche weisen aber eine so hohe Elastizität in ihrer Jugendphase auf, dass sie diesen Prozess zum Teil überleben können. Daher sind Lawinarstandorte oftmals von Lärchen in ihrer Jugendphase bestockt. Solche Bäume erreichen Wuchshöhen von höchstens 3-5 m. Ältere Lärchen können Lawinenabgänge hingegen nicht überleben.

Lochhieb

Eine räumlich konzentrierte kleinflächige Nutzung ähnlich dem Femelschlag, allerdings werden im ersten Schritt unbestockte Bestandeslücken mit einem Durchmesser von ein bis zwei Baumlängen geschaffen, die dem Aufkommen von Naturverjüngung dienlich sind.

N

Nährstoffanspruch / Nährstoffversorgung

Baumarten haben jeweils unterschiedliche Ansprüche an die Nährstoffversorgung im Boden. Der entsprechende standörtliche Kennwert hierfür ist die *Basenklasse*.

nWSK nutzbare Wasserspeicherkapazität [l/m2]

Menge an Wasser in Litern oder Millimetern pro Quadratmeter, das in pflanzenverfügbarer Form im durchwurzelbaren Mineralboden (effektiver Wurzelraum) gespeichert werden kann. Sie ist u.a. abhängig von Bodenmächtigkeit und Bodenart, Porenvolumen bzw. Bodenverdichtung.

O

Oberhöhe im Alter 100 [m]

Auf den Erhebungspunkten konnte getrennt für die vorkommenden Baumarten in Bezug auf unterschiedliche Alter der durchschnittliche Gesamtzuwachs (dGZ) in Vorratsfestmetern pro Hektar und Jahr sowie die Oberhöhe (OH) in Metern ermittelt werden, um die Produktivität der Standorte mittels der Bonität laut Ertragstafel zu charakterisieren. Die Oberhöhe im Alter 100 (OH100) ist dabei als der Mittelwert der in der jeweiligen Waldstandortseinheit vorkommenden Baumarten zu interpretieren.

Ökogramm

Beschreibt die Einordnung der Standorte und der damit beschriebenen Waldstandortseinheiten hinsichtlich Wasser- und Nährstoffhaushalt. Dabei gibt die Abszisse die Wasserhaushaltsstufe des

Standortes an (von nassen bis zu trockenen Standorten) und die Ordinate beschreibt die Basenklasse der Böden (von extrem basenarm über basenreich bis basengesättigt und carbonatisch).

P

pH-Wert Entspricht dem **negativen dekadischen Logarithmus der H^+-Ionenkonzentration** im Bodenwasser. Je höher diese Konzentration, desto niedriger ist daher der pH-Wert. Er beeinflusst unter anderem die Nährstoffverfügbarkeit im Boden.

Pilze

Pilze haben für den Wald eine sehr große und unterschiedliche Bedeutung. Pilz-Organismen sind wichtige Symbionten für Bäume (Mykorrhiza), welche die Ernährung der Baumarten entscheidend verbessern. Pilze zählen auch zu den wesentlichsten „Destruenten", da sie tote organische Substanz (Laub, Nadeln, Feinäste, etc.) im Waldboden abbauen und damit den Bäumen über den Nährstoffkreislauf wieder zuführen. Pilze sind aber auch gefährliche Schaderreger, welche ernste Erkrankungen der Waldbäume verursachen können, die sowohl alte als auch junge Individuen betreffen. Im Falle des Eschentriebsterbens oder des Kieferntriebsterbens sind alle Altersklassen von der Pilzerkrankung betroffen. Die in den Hochlagen auftretenden Pilze wie Fichtennadelrost oder Schneeschimmel schädigen vorwiegend junge Baumindividuen von Fichte oder Zirbe, wenngleich der Nadelrost auch ältere Baumindividuen beeinträchtigen kann. Bei der Charakterisierung der limitierenden Faktoren der Waldstandortseinheiten steht die schädigende Wirkung der Pilzorganismen im Vordergrund.

R

Relief → siehe *Geländeform*

Resilienz

Resilienz beschreibt die Fähigkeit eines Waldökosystems, nach einem starken Einfluss von außen (z.B. abiotische oder biotische Störung wie Dürre, Schädlingsbefall, Windwurf, Waldbrand) wieder rasch in einen bewaldeten, stabilen Zustand zurückzukehren. Hierbei hilft etwa das Vorhandensein von Verjüngungsstadien innerhalb der Waldbestände, stockausschlagfähige Baumarten, sowie das Vorhandensein einer entsprechenden Samenbank im Boden. Struktur-, Alters- und Baumartenvielfalt spielen ebenfalls eine große Rolle.

RCP - Representative Concentration Pathway

Für die dynamische Waldtypisierung verwendete Szenarien, die von einer unterschiedlichen Erhöhung des Strahlungsantriebes auf der Erde in der Zukunft ausgehen, der unter anderem von der Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre beeinflusst wird. RCP stellt dabei die Abkürzung für representative concentration pathway" („Repräsentativer Konzentrationspfad") dar, wobei sich letzteres auf die zeitliche Entwicklung des Strahlungsantriebes bezieht. Im Rahmen der dynamischen Waldtypisierung wurde von zwei repräsentativen Konzentrationspfaden (Representative Concentration Pathways RCP 4.5 und RCP 8.5) ausgegangen, um die zukünftige Entwicklung der Klimabedingungen für die Steiermark abzuschätzen. 8.5 steht für 8,5 Watt Strahlungsantrieb pro m², der bis 2100 bei einer gleichbleibenden Handlungsweise der Menschheit zustande kommt. 4,5 Watt pro m² würde einer progressiven Klimapolitik entsprechen, die eine deutliche Reduktion und Kompensation der

weltweiten Treibhausgasemissionen voraussetzen würde. Obwohl in den RCPs bewusst davon abgesehen wird, konkrete sozioökonomische Entwicklungen als realistisch zu unterstellen, wurde zur Modellerstellung ein exemplarischer Entwicklungspfad angenommen:

RCP 8.5

- Der Strahlungsantrieb im Jahr 2100 beträgt 8,5 W/m² mehr im Vergleich zu 1850
- Im Vergleich zur vorliegenden Fachliteratur hohe Emissionen
- Keine politischen Anstrengungen, um die Emissionen zu reduzieren, es werden keine Klimaschutzmaßnahmen ergriffen, keine Anstrengungen in der Klimapolitik
- Innerhalb der 90. Perzentile der publizierten „business-as-usual" Szenarien
- Zunehmende Treibhausgasemissionen, die zu hohen Treibhausgaskonzentrationen führen
- Die Treibhausgasemissionen nehmen stetig zu, 2100 dreifache CO_2-Emissionen im Vergleich zu heute, Anstieg von fast 10 GtC/Jahr in der Gegenwart auf fast 30 GtC/Jahr am Ende des Jahrhunderts
- CO_2-Konzentration 2100 laut CMIP5- und Erdsystemmodell-Simulationen 936 ppm
- CO_2-Äquivalente-Konzentrationen unter Einbeziehung von CH_4 und N_2O 2100 laut CMIP5- und Erdsystemmodell-Simulationen 1313 ppm
- Rascher Anstieg der Methanemissionen
- Strahlungsantrieb gipfelt nicht bis zum Jahr 2100
- Zunehmende Acker- und Grünlandfläche aufgrund des Bevölkerungswachstumes
- 2100 Weltbevölkerung von 12 Mrd. Menschen
- Geringer technologischer Fortschritt
- Hoher Bedarf an fossiler Energie, Anteil von fast 50 % Kohle am Energiemix
- Hohe Energieintensität
- Primärenergieverbrauch dreimal so hoch wie heute

RCP 4.5

- Der Strahlungsantrieb im Jahr 2100 beträgt 4,5 W/m² mehr im Vergleich zu 1850
- Im Vergleich zur vorliegenden Fachliteratur mittlere Emissionen
- Stabilisierung des Strahlungsantriebes kurz nach 2100 durch relativ ambitionierte Emissionsreduktionen = Stabilisierungsszenario
- Geringere Energieintensität
- Starke Aufforstungsprogramme
- Abnehmende Acker- und Grünlandfläche aufgrund einer Zunahme des Ertrages und Veränderungen in der Ernährung
- Strikte Klimapolitik
- Stabile Methanemissionen
- Leichte Zunahme der CO_2-Emissionen bis 2040, dann Abnahme
- Pro-Kopf-Emissionen fallen von ca. 5 t/Jahr bis 2080 auf 2,5 t/Jahr
- CO_2-Konzentration 2100 laut CMIP5- und Erdsystemmodell-Simulationen 530 ppm
- CO_2-Äquivalente-Konzentrationen unter Einbeziehung von CH_4 und N_2O 2100 laut CMIP5- und Erdsystemmodell-Simulationen 630 ppm
- Ausstöße sinken bis 2070 unter den heutigen Wert
- Anstieg der Weltbevölkerung nur auf ca. 9 Mrd.

Rotten

In der subalpinen Höhenzone gedeihen Fichten und Zirben oftmals in Rotten. Rotten sind gedrängt stockende Baumgruppen, welche zur Rottenaußenseite einseitig tief beastet sind und zu einer Gemeinschaft zusammengeschlossen wachsen, was der Rotte verbesserte Stabilität bringt (gegenüber Wind, Schnee, Kälte, etc.). Die Größe solcher Rotten kann stark variieren. Wichtig ist, dass im Zuge von Nutzungen Rotten immer als Ganzes belassen oder als Ganzes entnommen werden, sonst würde man sie destabilisieren.

S

Saumschlagverfahren

Ist ein Verjüngungsverfahren, das den durch die Nutzung bedingt fortschreitenden Bestandessaum zur Naturverjüngung oder auch zur Kunstverjüngung nutzt. Es erfolgt der Hieb aller Bäume auf einem schmalen Streifen (1-2 Baumlängen) mit vorübergehendem seitlichem Schutz des Jungwuchses zur Verjüngung von Waldbeständen. Dieses Verfahren taugt für die Begründung von Schatt-, Halbschatt- und Lichtbaumarten. Dabei ist zu beachten, dass der Hiebsfortschritt immer gegen die Hauptwindrichtung erfolgt.

Schädlinge

Bestimmte meteorologische Bedingungen und die stockenden Baumarten begünstigen die massenhafte Vermehrung von primären Schadinsekten, wie beispielsweise Borkenkäfer (z.B. Buchdrucker).

Schirmschlag

Entnahme so vieler Bäume, dass ein mehr oder weniger lockerer, gleichmäßiger Schirm über der gesamten Fläche erhalten bleibt. Dabei werden in zeitlicher Abfolge Vorbereitungshieb, Besamungshieb, Lichtungshieb und der anschließende Räumungshieb unterschieden.

Schlitzhieb

Schlitzhiebe sind räumlich konzentrierte Hiebe und werden meist quer zur Falllinie durchgeführt, wobei sich die Ausrichtung, Länge und Breite nach Exposition, Neigung und den zu verjüngenden Baumarten richtet. Die Breite der Schlitze soll in Falllinie gemessen eine Baumlänge nicht überschreiten, die Länge ist nicht limitiert, wird aber durch den möglichen Zuzug zum Seilkran begrenzt. Schlitzhiebe weisen aufgrund der horizontalen, schlitzförmigen Ausformung ein anderes Mikroklima als kreisrunde Lochhiebe auf.

Schneeakkumulation

In Bestandeslücken (Schneelöchern) kommt es zur Anhäufung von großen Schneemengen, die im Frühjahr nur langsam abschmelzen und so die Verjüngung beeinträchtigen bzw. Schneeschimmel begünstigen können.

Schneebruch

Die Ablagerung von großen Nassschneemengen auf dem Kronendach kann zum Abbrechen von Wipfeln oder Stämmen, insbesondere im Stangenholzstadium, führen.

Schneeschub

Schneeschub oder das „Schneekriechen“ entsteht auf Steilhängen und kann Jungpflanzen entwurzeln, umknicken oder säbelwüchsige Baumindividuen bedingen.

Schutzwald

Nicht oder nicht allein der Holzerzeugung, sondern überwiegend den Schutz- und Wohlfahrtwirkungen dienende Waldbestockung.

> *Standortschutzwald*: sind Wälder, deren Standort durch die abtragenden Kräfte von Wind, Wasser oder Schwerkraft gefährdet ist und die eine besondere Behandlung zum Schutz des Bodens und des Bewuchses sowie zur Sicherung der Wiederbewaldung erfordern.
>
> *Objektschutzwald*: sind Wälder, die Menschen, menschliche Siedlungen oder Anlagen oder kultivierte Boden insbesondere vor Elementargefahren oder schädigenden Umwelteinflüssen schützen und die eine besondere Behandlung zur Erreichung und Sicherung ihrer Schutzwirkung erfordern.

Seehöhe

Höhe über dem Meeresspiegel. Bei steigender Seehöhe wird die Wärmeversorgung geringer, je 100 m Seehöhenanstieg sinkt in der Steiermark die Jahresmitteltemperatur um ca. 0,5 °C ab. Dieser Wert liegt im mitteleuropäischen Vergleich etwas niedriger, da viele Beckenlagen in der Steiermark die Bildung von Kaltluftseen im Winter begünstigen.

Skelettgehalt [%]

Der Skelettgehalt drückt den Anteil an mineralischen Bodenpartikeln in Prozentwerten aus, das sind Partikel, deren Durchmesser über 2 mm liegt (Grus, Kies, Steine, etc.).

Sonderwaldstandort, Sonderstandort

Sonderwaldstandorte sind *Waldstandortseinheiten* mit speziellen Standortseinflüssen. Diese Einflüsse umfassen entweder eine verstärkte Wasserversorgung (z.B. auf Hochmooren, Niedermooren oder in Auen), oder aber auch besondere Steilheit mit ausgeprägter Schneelage oder *Schneeschub*, (Lawinarstandorte, das sind leeseitige Standorte in den Gebirgen) sowie nicht mehr hochwaldfähige Standorte in den Hochlagen (Krummholz). Weitere, mögliche Charakteristika sind z.B. ausgesprochen geringmächtige Bodenauflagen bzw. eine hohe Präsenz von Steinblöcken oder instabilem Schutt, sowie eine allgemein erhöhte Erosionseinwirkung.

Standortstauglichkeit → siehe *Baumarteneignung*

Stangenholz

Bestandesentwicklungsstufe von mittelalten Beständen mit begehbarem Standraum. Großteil der Stämme mit einem BHD von 10-20 cm.

Steinschlag

Herabrollende Steinblöcke oder große Steine können Stammschäden hervorrufen. In weiterer Folge können biotische Schädlinge leicht ins Holz eindringen. Dadurch kann Stammfäulnis auftreten.

T

Trockenheit

Über einen längeren Zeitraum wirksame Trockenheit kann bedingen, dass Pflanzen nicht ausreichend mit Wasser versorgt werden, jene erleiden folglich Schäden durch Trockenstress. Standörtliche Faktoren (Neigung, Exposition, Seehöhe) können die Trockenheit begünstigen.

Trupp

Beschreibt das Vorkommen mehrerer Baumarten in einem Waldbestand. Ein Trupp sind dabei oft weniger als 5 Bäume einer Baumart im Baumholzalter, die sich von der Umgebung unterscheiden.

U

Überführung

Die Baumartenzusammensetzung und Struktur eines Bestandes werden in einem allmählichen Prozess, der mehrere Jahrzehnte dauern kann, verändert und das vorhandene Potential des Bestandes bestmöglich genutzt. Dabei kann z.B. eine Überführung von einem Niederwald in einen Mittel- oder Hochwald sowie von einem sekundären Nadelwald in einen standortstauglichen Laubmischwald erfolgen. Der schlagartige Wechsel von Betriebsart oder Baumart ist die *Umwandlung*.

Umtriebszeit

Begriff für den mittleren, planmäßigen Produktionszeitraum, in dem eine Baumart oder ein Bestandestyp das geplante Produktionsziel (Betriebsziel) erreichen kann. Die Umtriebszeit entspricht dem durchschnittlichen Alter, in dem die Bestände oder Bestandesteile einer Baumart zur Endnutzung kommen sollen.

Umwandlung

Der schlagartige Wechsel der Betriebsart oder Baumart nach flächigem Beseitigen der bestehenden unbefriedigenden Bestockung durch Aufforstung. Verfolgt das Ziel, standortstauglichere und leistungsfähigere Bestände in Hinblick auf den Klimawandel aufzubauen. Eine langsamere Alternative stellt die *Überführung* dar.

Unterbau

Etablierung einer zweiten Bestandesschicht unter einem älteren Bestand zur Boden- und Stammpflege. Ein Erhalt der Baumartenvielfalt wird durch Unterbau mit standortsgerechten Baumarten gewährleistet. Der Unterbau erfolgt am günstigsten gegen Ende der Dickungs- bis zum Anfang der Stangenholzstufe.

V

Verjüngung

Hat als Ziel die Walderneuerung. Durch entsprechende Naturverjüngungs- oder Kunstverjüngungsverfahren wird der Bestand wiederbegründet oder kontinuierlich verjüngt.

Vernässung

Vernässung beschreibt ein Überangebot an pflanzenverfügbarem Wasser, und damit einen Mangel an Sauerstoff im Boden. Dies betrifft vor allem Standorte mit den Wasserhaushaltsstufen „nass“ und „feucht“.

Versauerung

Die Versauerung bezeichnet ein Absinken des pH-Wertes in Auflage und/oder Mineralboden. Sie ist mit dem Verlust von Nährstoffen, im humiden Klima meist durch Auswaschung, verbunden. Im mitteleuropäischen Raum ist dies ein langanhaltender natürlicher Vorgang, der durch Stoffeintrag und vor allem aber durch intensive Bewirtschaftung (z.B. Vollbaumernte, früher auch Streurechen und Schneiteln) wesentlich beschleunigt werden kann.

Vitalität

Durch die Gesundheitsmerkmale eines Baumes (u.a. Kronenlänge, Nadelfarbe, Schäden) gekennzeichneter Zustand: Vitale Bäume weisen gesundes und kräftiges Wachstum auf, sie sind vermehrungsfähig und widerstandsfähig gegenüber Erkrankungen aller Art.

W

Waldbrand

Durch die meteorologischen Bedingungen (Trockenperioden und Hitze), die Vegetation (insbesondere harzreiche Biomasse) und mögliche Zündquellen (Blitze, Lagerfeuer, Zigarettenstummel, Brandstiftung) wird das Auftreten von Waldbränden begünstigt. Standörtliche Faktoren (Neigung, Exposition, Seehöhe), welche die Feuchtigkeit der brennbaren Biomasse beeinflussen, können Brände zusätzlich begünstigen.

Waldgruppe

Waldgruppen werden durch die gemeinsame Betrachtung mehrerer *Waldstandortseinheiten* gebildet, die sich hauptsächlich in ihrer jeweiligen Nährstoff- und Wasserversorgung voneinander unterscheiden. Das Vorkommen bestimmter, typischer Baumarten und die vergleichbare waldbauliche Behandlung verbindet diese Waldstandortseinheiten zu einer Waldgruppe. *Beispiel: Waldgruppe BU (Buchenwald-Standorte in der mäßig milden Mischwaldzone).* Bei der inhaltlichen Beschreibung der Waldgruppen wurden die Charakteristika der vorkommenden Waldstandortseinheiten, deren Veränderung im Klimawandel, die limitierenden Faktoren und Risiken sowie die waldbaulichen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel ausformuliert.

Waldstandort, Standort

Unter dem Begriff Standort oder Waldstandort wird allgemein ein Waldort mit seinen Eigenschaften hinsichtlich Wasser-, Wärme- und Nährstoffversorgung verstanden. Der Begriff Standort oder Waldstandort wird immer dann verwendet, wenn nicht explizit auf eine bestimmte Waldstandortseinheit verwiesen wird.

Waldstandortseinheit (= ähnliche *Waldtypen* zusammengefasst)

Eine abgrenzbare Einheit, die hinsichtlich ihrer Kombination aus Wasser-, Wärme- und Nährstoffversorgung ähnliche Eigenschaften aufweist. Waldtypen, die in der Ausprägung ihrer standörtlichen Eigenschaften ähnlich sind, benachbarte Positionen im Ökogramm einnehmen und nicht weiter unterscheidbar sind, werden daher im Rahmen der Dynamischen Waldtypisierung zu Waldstandortseinheiten zusammengefasst. Die Waldstandortseinheiten bilden die Basis des Standortsmodells und sind hinsichtlich der drei Dimensionen Wärmehaushalt, Wasser- und Nährstoffversorgung codiert. Beispiele:

Zl3ue – Zirbenwald-Standort, sehr kalt, mäßig frisch, basenarm

EH34r – Eichen-Hainbuchenwald-Standort, sehr mild-mild, mäßig frisch bis frisch, basenreich

Die Waldstandortseinheiten wurden in weitere Folge zu *Waldgruppen* zusammengefasst, welche als Basis für die Beschreibung der waldbaulichen Behandlung dienen.

Waldtyp

Eine abgrenzbare Einheit, die hinsichtlich ihrer Kombination aus Wasser-, Wärme- und Nährstoffversorgung unterschiedliche Eigenschaften aufweist und eindeutig ist. Diese 462 theoretischen Einheiten (11 Waldvegetationszonen x 7 Wasserhaushaltsstufen x 6 Basenklassen) wurden nach ihrer Bedeutung für die Steiermark, ihrem Vorkommen und ihrer Unterscheidbarkeit im Feld zu *Waldstandortseinheiten* zusammengefasst. *Zl3ue* umfasst also die Waldtypen *Zl3u* und *Zl3e*, *EH34r* die Waldtypen *EH3r* und *EH4r.*

Waldumbau → siehe *Umwandlung*

Waldvegetationszone / Klimazone

Die Kombination von mehreren klimatischen Parametern ermöglicht die Identifizierung einer Waldvegetationszone. Thermische Klimaindikatoren (Mittlere Jahrestemperatur, Mitteltemperatur der Vegetationszeit und des wärmsten Monats, Mittel und Minimum des kältesten Monats, mittlere tägliche Temperaturamplitude) sowie hygrische Klimaindikatoren (Jahres-Niederschlag und jener der Vegetationszeit, Sommer-Niederschlagsverhältnisse) bestimmen dabei die Ausprägung einer Waldvegetationszone (synonym wird dafür auch Klimazone verwendet). In der Steiermark wurden für das aktuell wirksame Klima ingesamt zehn Waldvegetationszonen (= Klimazonen) definiert: Von der *sehr kalten Nadelwald-Zone* bis zur *mäßig warmen Laubwald-Zone.* In der Klimazukunft tritt die *sehr warme Laubwald-Zone* als weitere Einheit auf. Die Waldvegetationszone repräsentiert die **Klima-Achse** im Standortsmodell:

Bezeichnung der *Waldvegetationszonen* und der entsprechenden *Waldgruppen* in der Steiermark:

Waldvegetationszone WVZ (= Klimazone)	WVZ Zahl	Waldgruppe (WG)	WG Akronym
sehr kalte Nadelwald-Zone	**1**	Zirbenwald-Standorte	**ZI**
kalte Nadelwald-Zone	**2**	Fichten-Zirbenwald-Standorte	**FZ**
mäßig kalte Nadelwald-Zone	**3**	Fichtenwald-Standorte, subalpin	**Fs**
sehr kühle bis **kühle** Nadelwald-Zone	**4**	Fichten-Tannenwald-Standorte	**FT**
kühle Mischwald-Zone	**5**	Buchen-Fichten-Tannenwald-Standorte	**BFT**
mäßig kühle Mischwald-Zone	**6**	Fichten-Tannen-Buchenwald-Standorte	**FTB**
mäßig milde Mischwald-Zone	**7**	Buchenwald-Standorte	**BU**
milde Laubwald-Zone	**8**	Eichen-Buchenwald-Standorte	**EB**
sehr milde Laubwald-Zone	**9**	Eichen-Hainbuchenwald-Standorte	**EH**
mäßig warme Laubwald-Zone	**10**	Balkan-Eichen - Hainbuchenwald-Standorte	**EHb**
sehr warme Laubwald-Zone	**11**	Flaum-Eichenwald- Standorte (Eichenwald-Standorte, [sub]mediterran)	**Elm**

Wärmeanspruch / Temperaturregime

Der Wärmeanspruch einer Baumart wird durch ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Winterfrost und Spätfrost, sowie durch ihren Mindestbedarf an Tagen mit einer Tagesmitteltemperatur von mindestens 5°C charakterisiert (siehe auch *Dauer der Vegetationsperiode*). Auch fließt die jeweilige Frost- und Hitzeresistenz ein. Manche Baumarten können besser mit hohen oder niedrigen Temperaturen umgehen als andere. Beispiel: Wärmeliebende Baumarten wie die Eichenarten oder kälteresistente Baumarten wie die Zirbe.

Wasserhaushaltsstufe

Kennwert für die Wasserverfügbarkeit am Standort. Die Wasserhaushaltsstufe wird abgeleitet aus Geländewasserhaushalt, Grundwasser-/Stauwassereinfluss, sowie der Differenz zwischen Niederschlag und dem potenziell in der Vegetationsperiode durch die Vegetation verbrauchten Wasser. Die Wasserhaushaltsstufe repräsentiert die **Wasserhaushalts-Achse** im Standortsmodell.

Bezeichnung der Wasserhaushaltsstufen in der Waldtypisierung

Wasserhaushaltsstufe	Zugeordnete Zahl
sehr trocken	0
trocken	1
mäßig trocken	2
mäßig frisch	3
frisch	4
sehr frisch	5
feucht	6
nass	7

Die Wasserhaushaltsstufe „sehr trocken“ tritt in Österreich erst in der Klimazukunft auf.

Wertholz

Holz mittlerer bis stärkerer Dimension von überdurchschnittlicher Güte taugt zum Verkauf als Wertholz.

Widerstandsfähigkeit / Resistenz

Widerstandsfähigkeit (oder auch Resistenz) beschreibt die Fähigkeit eines Waldökosystems, einem starken Einfluss von außen kaum oder gar nicht zu unterliegen (u.a. trotz Trockenheit keine Schäden im Bestand, trotz kleinflächigen Schädlingsbefalls keine weitere Ausbreitung des Schädlings im Bestand oder auch trotz starken Windeinflusses kaum oder keine gebrochenen/geworfenen Bäume). Die Widerstandsfähigkeit kann durch das Vorhandensein entsprechender, geeigneter Baumarten, sowie durch eine hohe Struktur- und Altersvielfalt unterstützt werden.

Z

Z-Baum / Zukunftsbaum

Im Rahmen der Auslesedurchforstung ausgewählter Z-Baum eines Bestandes, der in Hinblick auf soziologische Stellung, Gesundheit und Qualität die vergleichsweise besten Eigenschaften aufweist und daher im Bestand waldbaulich gefördert wird.

Zeigerpflanzen

Häufige und charakteristische Pflanzen in der Strauch-, Kraut- und Moosschicht. Diese Pflanzen zeigen die Qualität eines Standortes z.B. hinsichtlich Nährstoff-, Wasser- und Wärmeversorgung an.

Zeigerwerte

Die Zeigerwerte beschreiben das Vorkommen einer Pflanzenart im Rahmen ihrer standörtlichen Ansprüche. Dabei werden nach Ellenberg et al. (1992) u.a. Temperaturzeiger, Feuchtezeiger oder Reaktionszeiger unterschieden. Im Rahmen der Waldtypisierung werden die Zeigerwerte für die Pflanzen, die in der betrachteten Waldstandortseinheit zu finden sind, angegeben. Damit können die Standortseigenschaften über die vegetationskundliche Charakterisierung zusätzlich „angezeigt“ werden.

Zonalität / zonale Vegetation

Die Waldgruppen der Steiermark werden bezüglich ihrer „Zonalität“ gegliedert.

Zonale Waldgruppen entsprechen den *Waldgruppen der klimatischen Waldvegetationszone.* Das bedeutet aktuell von Zirbenwald (= sehr kalt) bis Balkan-Eichen - Hainbuchenwald (= mäßig warm). Sie wurden historisch auch Leitgesellschaften genannt beziehungsweise klassisch den Höhenstufen zugeordnet. Aktuell gibt es in der Steiermark 10 *zonale Waldgruppen* (von ZI bis EHb), in der Klimazukunft 11 (plus EIm).

Extrazonale Waldgruppen treten auf entsprechend trockenen oder feuchten bzw. nährstoffarmen (bekannt als besonders sauren) Standorten außerhalb ihrer zonalen klimatischen Vorkommen auf. Die entsprechenen Waldgruppen sind beispielsweise die *Waldgruppen FTK, FTA* oder *EIK*. Extrazonale Einheiten erstrecken sich über 2-4 Waldvegetationszonen. Aktuell gibt es in der Steiermark 10 extrazonale Waldgruppen.

Azonale Waldgruppen sind mehr oder weniger unabhängig von der Klimazone, aber an Sonderstandorte gebunden, wie etwa Auen, Moore, Nassstandorte oder Schuttstandorte. Es sind folglich Sonderwald-Standorte. In der Steiermark wurden insgesamt 11 Sonderwald-Standortskategorien definiert und in einer gemeinsamen Beschreibung zusammengefasst.

Wenn Waldgruppen als sowohl zonal als auch extrazonal beschrieben werden, heißt das, dass eine betreffende Waldgruppe zwar für eine Waldvegetationszone charakterisierend ist. Sie erstreckt sich aber dennoch über mehrere Waldvegetationszonen. Das gilt für alle Waldgruppen ab der sehr milden Laubwaldzone (von *Waldgruppe EH* abwärts).

Literatur Glossar

Amt der Tiroler Landesregierung. 2019. Waldtypisierung Tirol, Begriffe & Definitionen. Innsbruck, Österreich.

Clarke, L., J. Edmonds, H. Jacoby, H. Pitcher, J. Reilly, R. Richels. 2007. Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations. Sub-report 2.1A of Synthesis and Assessment Product 2.1 by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington, 7 DC., USA, 154 pp.

Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D. (1992). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica XVIII, 2. Auflage, Goltze Verlag, Göttingen.

Ellenberg, H., Leuschner, C. 2010. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6., erweiterte Auflage. ISBN 978-3-8252-8104-5

Frey, W., Lösch, R. 2010. Geobotanik. 3. Aufl. 2010, Nachdruck 2014. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45281-3

Klumpp, R. Colak, A., Pitterle A. (2002). Waldbauliches Glossar, In Spörk J., Vacik H.[Hrsg.]: Waldbauliche Chancen und Probleme in Osterreich, eine CD fur die forstliche Praxis und universitare Lehre, Österreichischer Agrarverlag, CD-ROM, ISBN 3-7040-1905-4

RCP Database, Version 2.0.5., 2009. Abrufbar unter: https://tntcat.iiasa.ac.at/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome (zuletzt abgerufen am 30.11.2021)

Riahi, K. Gruebler, A., Nakicenovic N. 2007. Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. Technological Forecasting and Social Change 74, 7, 887-935.

Smith, S.J., Wigley, T.M.L. 2006. Multi-Gas Forcing Stabilization with the MiniCAM. Energy Journal (Special Issue #3) pp 373-391.

Spektrum: https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/hoehenstufen/3536

Thomson, A.M., Calvin, K.V., Smith, S.J., Kyle, G.P., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M.A., Clarke, L.E., Edmonds, J.A. 2011. RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. Climatic Change 109, 77. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0151-4

Wise, M.A., Calvin, K.V., Thomson, A.M. Clarke, L.E., Bond-Lamberty, B., Sands, R.D., Smith, S.J., Janetos, A.C., Edmonds, J.A. 2009. Implications of Limiting CO2 Concentrations for Land Use and Energy. Science. 324:1183-1186.