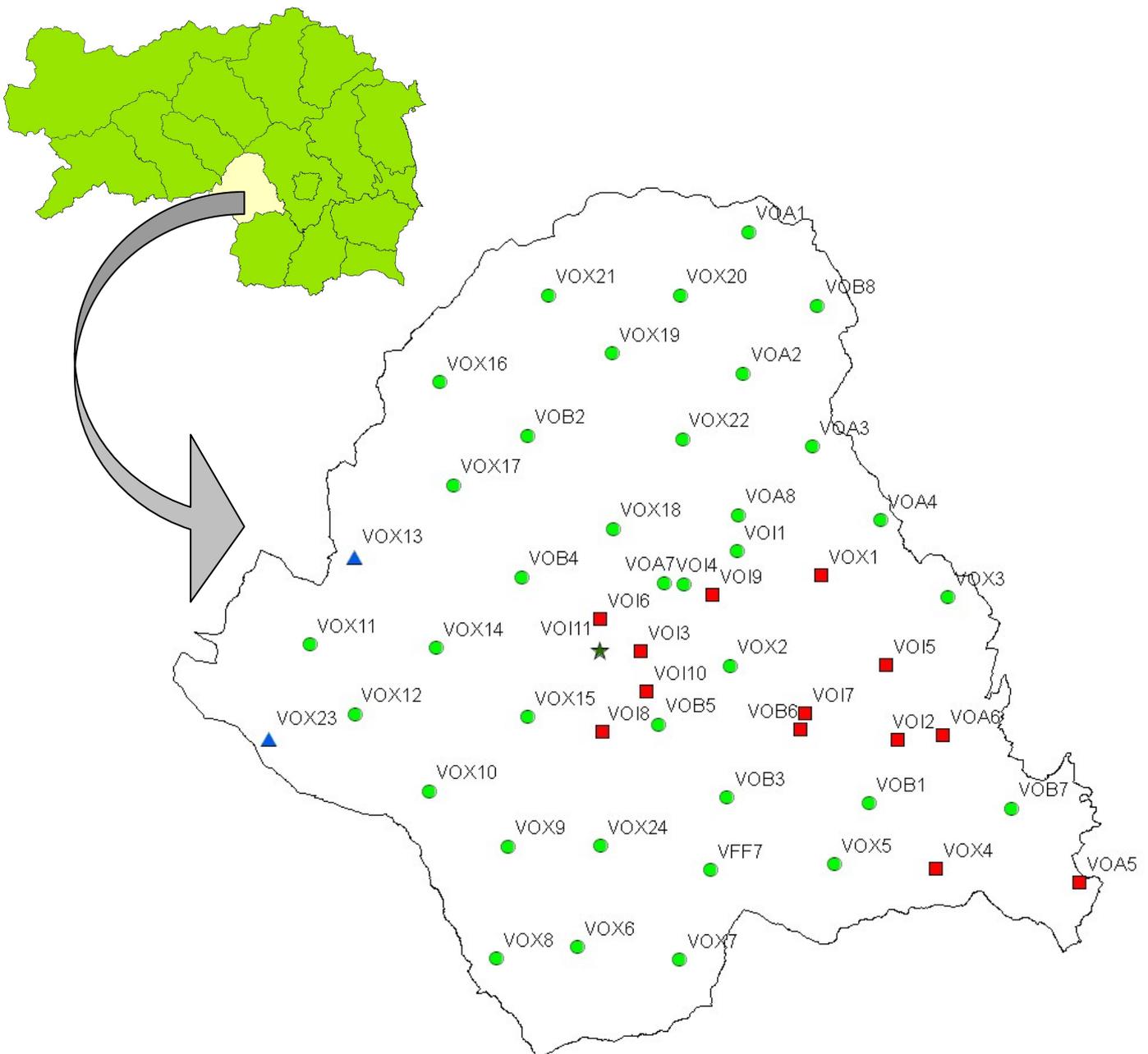


Bodenzustandsinventur Bezirk Voitsberg

Bodenschutz-
bericht

2009



Ragnitzstraße 193 A-8047 Graz Tel. 0316/877-6600 Fax DW 6606



Das Land
Steiermark

FA10B - Landwirtschaftliches
Versuchszentrum
Referat Boden- und Pflanzenanalytik



LANDESRAT JOHANN SEITINGER

Vorwort

Dem Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzgesetz entsprechend, ist in der Steiermark ein Netz ständiger Bodenprüfstandorte einzurichten, an denen laufend Zustandskontrollen durchzuführen sind. Über das Ergebnis dieser Untersuchungen wird jährlich ein Bodenschutzbericht erstellt. Dieser wird dem Steiermärkischen Landtag zur Kenntnis gebracht.



In den vergangenen acht Jahren wurde über die steirischen Bezirke Radkersburg, Leibnitz, Deutschlandsberg, Feldbach, Fürstenfeld, Hartberg, Murau und Weiz berichtet.

Der vorliegende Bodenschutzbericht 2009 präsentiert die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Voitsberg und diskutiert in bewährter Weise die gegebene Nährstoffversorgungs- und Schadstoffbelastungssituation der landwirtschaftlich genutzten Böden.

Diese umfangreiche Erfassung des Bodenzustandes in der Steiermark gibt uns die Möglichkeit Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherung unserer Lebensgrundlage Boden zu treffen. Zudem bilden die Ergebnisse der Untersuchungen eine fundierte Basis für die Überwachung etwaiger Bodenveränderungen.

Johann Seitinger

Landesrat für Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft, Wohnbau und Nachhaltigkeit.

Inhaltsangabe

	Seite
<u>Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Voitsberg</u>	
Zusammenfassung	3
1. Zielsetzung und gesetzlicher Auftrag	6
2. Durchführung der Untersuchungen	7
3. Geologie	11
4. Bodentypen	16
5. Bodenbildendes Ausgangsmaterial	20
6. Erosion	21
7. Bodenverdichtung	23
8. Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur	25
Allgemeines	27
Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe	29
Sand, Schluff, Ton	29
Humus	31
pH-Wert	33
Kalk	35
Phosphor	37
Kalium	39
Magnesium	41
Bor	43
Die EDTA-extrahierbaren Spurenelemente Cu, Zn, Mn + Fe	45
Die austauschbaren Kationen Ca, Mg, K + Na	48
Das wasserextrahierbare Fluor	51

Inhaltsangabe

	Seite
Schwermetalle	53
Allgemeines	53
Kupfer	57
Zink	58
Blei	59
Chrom	60
Nickel	61
Kobalt	62
Molybdän	63
Cadmium	64
Quecksilber	65
Arsen	66
Untersuchung von Pflanzenproben	67
Organische Schadstoffe	69
Die chlorierten Kohlenwasserstoffe HCB, Lindan + DDT	69
Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe	71
Triazin - Rückstände	74
Bodenbeeinflussungen durch den Straßenverkehr (Pack-Autobahn)	75
Erläuterung der Abkürzungen	77
Literatur	78
Impressum	79

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Voitsberg:

Ziel und Durchführung der Untersuchungen:

Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzgesetz (LGBl. Nr. 66 / 1987) und die Bodenschutzprogrammverordnung (LGBl. Nr. 87 / 1987) sehen vor, dass in der Steiermark zur Beurteilung des durch Schadstoffeintrag, Erosion und Verdichtung gegebenen Belastungsgrades landwirtschaftlicher Böden ein geeignetes ständiges Netz von Untersuchungsstellen geschaffen und dort laufend Zustandskontrollen durchgeführt werden.

Um diesem Auftrag gerecht zu werden, wurden vom Referat Boden- und Pflanzenanalytik des Landwirtschaftlichen Versuchszentrums in den Jahren 1986 bis 2006 **1.000 Untersuchungsstandorte** in der Steiermark eingerichtet (**52 davon im Bezirk Voitsberg**) und die Böden auf die vom Gesetz geforderte Vielzahl von Parametern (allgemeine Bodenparameter, Nähr- und Schadstoffe) untersucht.

Der vorliegende Bericht präsentiert die Ergebnisse dieser Bodenzustandsinventur im Bezirk Voitsberg.

Untersuchungsergebnisse:

Allgemeine Bodenparameter:

Der **Humusgehalt** aller im Bezirk Voitsberg untersuchten 52 Böden ist in Ordnung.

pH-Wert oder **Säuregrad**: Der Prozentsatz der als „sauer“ eingestuften Böden im Bezirk Voitsberg (9 %) ist deutlich geringer als jener der landesweiten Bodenzustandsinventur (37 %).

94 Prozent der untersuchten Standorte liegen im weitgehend kalkfreien Bereich unter ein Prozent **Kalkgehalt** im Boden. Um einen ausreichend hohen Säuregrad im Boden zu erreichen bzw. zu erhalten sind fallweise Gesundungs- bzw. Erhaltungskalkungen notwendig.

Nährstoffe, Spurenelemente und das wasserlösliche Fluor:

Phosphor und **Kalium**: Die mittleren Gehalte beider Nährstoffe im Boden entsprechen dem Landesdurchschnitt. Beim Kalium ist der Großteil der untersuchten Standorte ausreichend versorgt und fünf Böden liegen in der Gehaltsklasse „sehr hoch“. Beim Phosphor hingegen wurde an rund 70 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen ein Nährstoffmangel festgestellt.

Zur Korrektur des Nährstoffangebotes im Boden sind Düngegaben exakt auf den jeweiligen Nährstoffbedarf der Pflanzen abzustimmen. An den überdüngten Flächen sind die Düngegaben zu reduzieren. Versorgungsmängel können durch gezielte Nährstoffgaben

ausgeglichen werden. In jedem Fall wird empfohlen Düngungsmaßnahmen nur entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung und laut Düngeplan (z. B. der Düngeberatungsstelle der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft) durchzuführen.

Magnesium: Vergleichbar mit der landesweiten Bodenzustandsinventur liegt der Großteil der im Bezirk Voitsberg untersuchten Standorte in den beiden höchsten Gehaltsklassen der Magnesiumversorgung. Negative Auswirkungen einer Magnesium-Übersorgung von Böden sind nicht bekannt. Probleme kann nur Magnesiummangel verursachen.

Bor: Beinahe alle untersuchten Standorte liegen im mittleren Gehaltsbereich, nur ein Grünlandstandort weist einen sehr niedrigen Borgehalt auf. Düngemaßnahmen sind jedoch nur im Falle einer Kultivierung von borbedürftigen Pflanzen in Erwägung zu ziehen.

Die pflanzenverfügbaren Spurenelemente Kupfer, Zink, Mangan und Eisen:

Alle untersuchten Voitsberger Böden liegen beim Kupfer und Zink im mittleren Gehaltsbereich, Mangan und Eisen überwiegend im hohen Versorgungsbereich. Ein Wald- und ein Hochalmstandort weisen niedrige Mangangehalte auf, was auf den niedrigen pH-Wert zurückzuführen ist und durchaus standorttypisch ist. Mangelerscheinungen sind derzeit nicht bekannt.

Die austauschbaren Kationen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium:

Die Nährstoffbilanz der im Bezirk Voitsberg untersuchten Standorte ist größtenteils in Ordnung. Eine nicht ausgewogene Nährstoffbilanz lässt sich meist durch eine Anhebung des pH-Wertes (Kalkung) korrigieren.

Das wasserlösliche Fluor: Erhöhte Fluorgehalte (über 1,2 mg/kg) sind entweder ein Indiz auf Immissionen aus industriellen Prozessen, oder werden über Verunreinigungen in Düngemitteln in den Boden eingetragen. Die Ergebnisse an den Untersuchungsstellen im Bezirk Voitsberg sind mit dem landesweiten Durchschnitt vergleichbar (etwa 20 Prozent Böden mit erhöhten Fluorgehalten). Schädigungen an Pflanzen sind derzeit in der Steiermark auch bei Standorten mit sehr hohem Anteil an wasserlöslichem Fluor nicht bekannt.

Schwermetalle:

Bei den Untersuchungsstellen im Bezirk Voitsberg zeigte sich, dass 27 % der Böden die Normalwerte für Schwermetallgehalte überschreiten (der Prozentsatz der Normalwert-Überschreitungen für alle 1.000 Standorte in der Steiermark beträgt 46 %).

Die erhöhten Gehalte sind auf die naturgegebene geogene Grundbelastung des bodenbildenden Ausgangsmaterials und die sie überlagernden anthropogenen Einträge zurückzuführen. Anthropogen verursachte Einträge sind insbesondere die ubiquitär vorhandenen Schadstoffe **Blei**, **Cadmium** und in geringerem Ausmaß **Zink**, **Molybdän** und **Quecksilber**.

An den Standorten mit Grenzwertüberschreitungen wurden **Pflanzenproben** untersucht, wobei keine nennenswerte Aufnahme von Schadstoffen aus dem Boden nachgewiesen werden konnte.

Organische Schadstoffe:

In den untersuchten Böden des Bezirkes Voitsberg waren nur in wenigen Ausnahmefällen **HCB- bzw. DDT-Rückstände** nachzuweisen. Ihre Gehalte liegen im als geringfügig anzusehenden Bereich von 1 - 10 ppb. **Lindan** konnte nirgends nachgewiesen werden. Derartige Pestizid-Rückstände werden - obwohl schon seit Jahrzehnten nicht mehr verwendet - wegen ihrer großen Persistenz heute immer noch in Böden gefunden. Es handelt sich bei den Belastungen um lokal eng begrenzte Rückstände mit sehr großer lokaler Variabilität.

Belastungen mit **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** sind ein Hinweis auf Schadstoffeinträge aus Verbrennungsprozessen. Im Bezirk Voitsberg liegen die Schadstoffrückstände bei den meisten untersuchten Standorten im normalen Bereich ubiquitärer Belastung (90 %). Nur zwei Untersuchungsstandorte weisen eine starke Belastung auf. Die Herkunft der Schadstoffe kann durch kleine Brandereignisse (z. B. Brauchtumsfeuer), industrielle und verkehrsbedingte Immissionen, sowie Einträge über das bodenbildende Schwemmmaterial erklärt werden.

In sieben der dreizehn in den Jahren 1990 bis 2008 untersuchten Ackerböden wurden **Atrazin-Rückstände** (Unkrautvernichtungsmittel) nachgewiesen. In den Jahren bis 1995 lässt die Höhe der gefundenen Rückstände auf eine Einhaltung der damaligen Anwendungsbeschränkungen rückschließen. Bei den Kontrollen im Rahmen der Bodendauerbeobachtung (Zehnjahreskontrollen) sind die Atrazingehalte dann meist unter die Bestimmungsgrenze gesunken.

Im Jahr 2006 konnte im Boden eines Ackerstandortes erstmals auch ein Rückstand des Herbizides **Terbutylazin** im Boden festgestellt werden (18 ppb). Die Anwendung des Unkrautvernichtungsmittels ist derzeit zulässig.

Information - Datenweitergabe:

Die Besitzer/Pächter der kontrollierten Flächen wurden von den Untersuchungsergebnissen informiert; außerdem sind sämtliche Analysendaten in anonymisierter Form im Internet einsehbar.

Das weitere Vorgehen

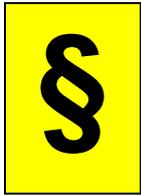
Die in diesem Bericht präsentierte Bodenzustandsinventur des Bezirkes Voitsberg ist ein wichtiger Schritt in der Erweiterung unserer Kenntnisse über den Boden. Erst über das Wissen bestehender Belastungen und die generelle Belastbarkeit von Böden ist es möglich, geeignete Maßnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und für einen umfassenden Schutz unserer Lebensgrundlage Boden treffen zu können.

Der nächste Schritt im Sinne eines nachhaltigen Bodenschutzes ist die **Bodendauerbeobachtung**, welche in Form von Kontrollen im Zehn-Jahresabstand in der Steiermark bereits 1996 begonnen worden ist.

Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Voitsberg

1. Zielsetzung und gesetzlicher Auftrag

Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm hat das **Ziel**, ein für die Beurteilung des durch Schadstoffeintrag, Erosion und Verdichtung gegebenen Belastungsgrades landwirtschaftlicher Böden geeignetes ständiges Netz von Untersuchungsstellen zu schaffen und dort laufend Zustandskontrollen durchzuführen.

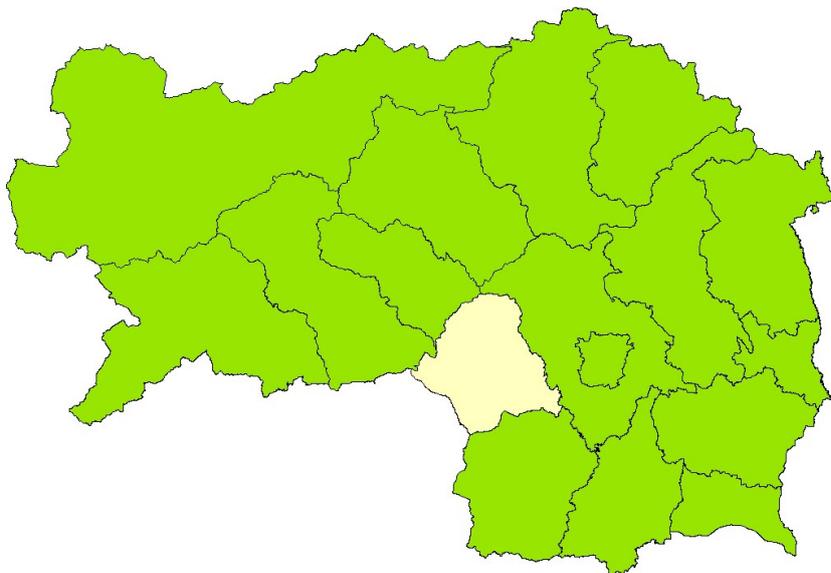


Der gesetzliche Auftrag dazu erfolgte 1987 durch das **Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzgesetz** (LGBl. Nr. 66 / 1987) und die **Bodenschutzprogrammverordnung** (LGBl. Nr. 87 / 1987).

Im **Bezirk Voitsberg** wurden in den Jahren 1986 - 2005 **52 Untersuchungsstandorte** im 4 x 4 km Rastersystem, sowie nach bodenkundlichen und umweltthematischen Kriterien eingerichtet.

Teile der Untersuchungsergebnisse wurden in den Bodenschutzberichten der vergangenen Jahre schon präsentiert.

Der vorliegende Bodenschutzbericht fasst die Ergebnisse aller Untersuchungen - in welche nun auch die bislang nicht diskutierten Ergebnisse der letzten 24 Verdichtungsstandorte mit einfließen - zusammen und stellt so ein umfassendes Bild der Bodenzustandsinventur des Bezirkes Voitsberg dar.



2. Durchführung der Untersuchungen

Vorgangsweise beim Aufbau des Untersuchungsnetzes

Rasterstandorte:

Mittels eines computergestützten Rechenmodells wurden als erster Schritt die genauen Koordinaten der Standorte berechnet. Für den Bezirk Voitsberg ergaben sich 47 Standorte im Rasterabstand von 3889 x 3889 m. Diese Punkte wurden dann mit größtmöglicher Genauigkeit in die Österreichkarte 1:50.000 eingezeichnet.

Nun wurden jene Punkte, welche laut Karte auf Waldböden fallen, ausgesondert und es ergab sich eine Soll - Anzahl von 21 Rasterstandorten, welche es von der Bodenzustandsinventur zu erfassen galt. Fünf Standorte davon fallen in nicht beprobbares Gelände, sodass letztlich **16 Rasterstandorte** untersucht wurden. Die Bodenprobennahmen an diesen Untersuchungsstellen wurden 1994 begonnen und im Jahre 1996 (Wiederholungsprobennahmen) abgeschlossen.

Bei der Übertragung der Standorte von der Karte ins Gelände kann eine Genauigkeit von ca. 20 m angenommen werden.

Um den Vorteil eines Untersuchungsrasters (objektive Standortfixierung) im Vergleich zur Beprobung im Nichtrasterverfahren auszunützen, wurden bei Nichtbeprobbarkeit des ermittelten Standortmittelpunktes folgende Verlegungsregeln streng angewandt:

1. Verlegung nach Norden, Osten, Süden oder Westen um 50 m (die Reihenfolge der Verlegungsversuche ist einzuhalten!)
2. Verlegung nach Norden, Osten, Süden oder Westen um 100 m (ebenfalls in dieser Reihenfolge!)

Erst wenn all diese 8 Verlegungsversuche auch in nicht beprobbares Gelände führen, entfällt der Standort. Eine Verlegung des Standortes um z. B. 50 m nach Südost oder ähnliches, ist somit nicht zulässig!

Nichtrasterstandorte:

Zur Abklärung spezieller Fragestellungen und um die Lücken im Untersuchungsnetz, welche durch den Wegfall von Standorten (Wald, nicht beprobbares Gelände) entstanden sind zu schließen, wurden **36 Nichtrasterstandorte** untersucht.

In Summe wurden im Bezirk Voitsberg 52 Untersuchungsstandorte eingerichtet.

Probennahme

Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm sieht vor, dass die Untersuchungsstandorte im ersten Jahr in mehreren Bodenhorizonten (Tiefenstufen) untersucht werden und dass im Folgejahr zur Absicherung dieser Ergebnisse eine Kontrollanalyse des Oberbodens stattfindet. Auf diese Weise wurden an den 52 Untersuchungsstandorten im Bezirk Voitsberg **206 Bodenproben** untersucht.

Geländearbeit:

Die Probennahmefläche stellt einen Kreis mit einem 10 m Radius dar, dessen Mittelpunkt exakt vermessen und markiert wird. Bei der **Erstprobennahme** werden - wenn möglich - aus 4 Profilgruben des Kreises an den Stellen der Haupthimmelsrichtungen Proben aus drei Bodenhorizonten entnommen (Acker: 0-20, 20-50, 50-70 cm und sonstige Flächen: 0-5, 5-20, 20-50 cm). Die 4 Einzelproben eines Bodenhorizontes werden zu einer Mischprobe vereint. Der Bodenkundler erstellt eine bodenkundliche Profilbeschreibung und erhebt geländespezifische Daten (Neigung, Morphologie, Wasserverhältnis, etc.).

Bei der **Wiederholungsprobennahme** im darauffolgenden Jahr wird an den Stellen der 4 Nebenhimmelsrichtungen am Probennahmekreis eine Probe des Oberbodens entnommen.



Bezeichnung der 52 Untersuchungsstandorte:

Erstprobennahme	Standortbezeichnung	Anzahl der Standorte
1986	VOI 1-10	10
1989	VOI 11	1
1994	VOA 1-8, VOB 1-7	15*
1995	VOB 8	1*
1997	VFF 7	1
1998	VOX 1-2	2
2004	VOX 3-23	21
2005	VOX 24	1

* Rasterstandorte

Durch die Wahl dieser Kurzbezeichnungen der Untersuchungsstandorte ist die Anonymität der Grundstückseigentümer bzw. Pächter gewährleistet.

Standortnutzung

Verteilung der Nutzungsformen im Bezirk Voitsberg:

Bodenfläche nach Nutzung in ha:

Jahr	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen	Gesamtfläche**
1981	25.357,31	40.539,60	1.587,09	67.484,00
1991	23.934,07	41.391,89	2.506,65	67.832,61
2005	21.639,97	43.021,24	3.199,07	67.860,28

* inkl. Gärten und Almen

** Flächenänderungen vermessungstechnisch bedingt.

Bodenfläche nach Nutzung (% - Anteil):

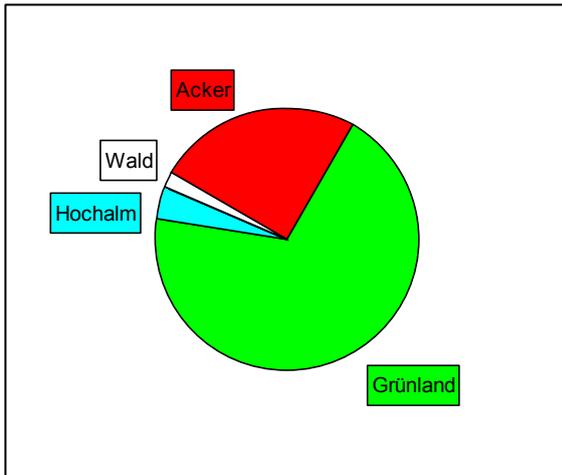
Jahr	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen
1981	37,6	60,1	2,3
1991	35,3	61,0	3,7
2005	31,4	63,4	5,2
Steiermark gesamt (2005)	33,4	57,1	9,5

* inkl. Gärten und Almen

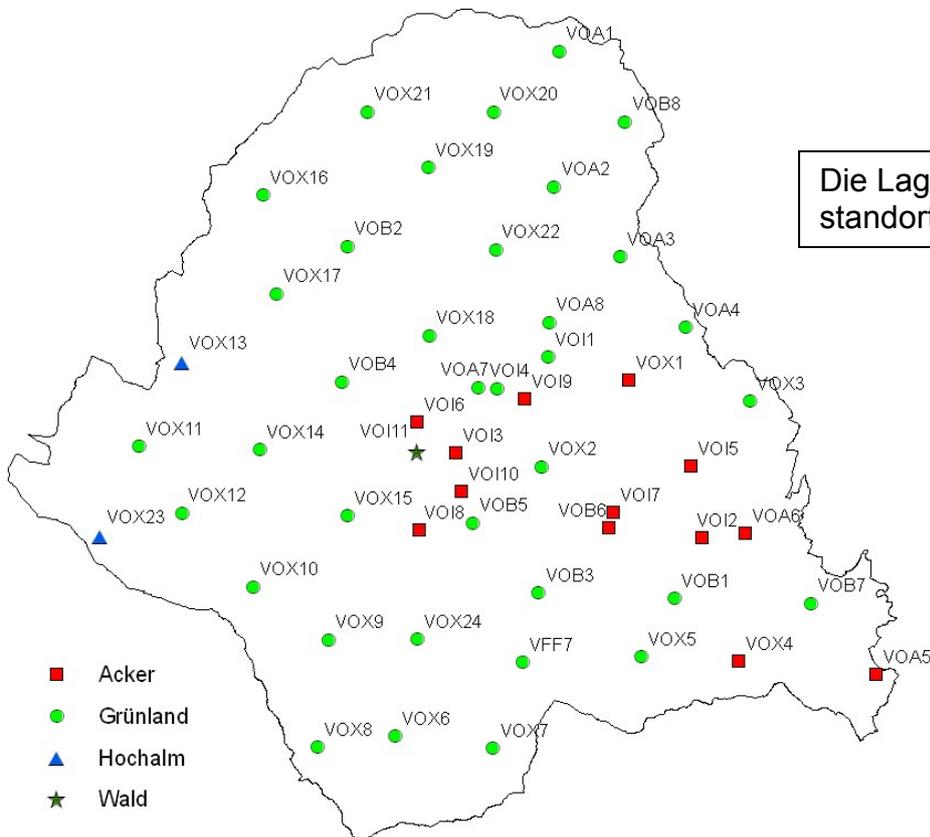
Grob gesprochen wird etwa ein Drittel der Bezirksfläche von Voitsberg landwirtschaftlich genutzt, die forstwirtschaftlich genutzte Fläche ist deutlich größer. Aus dem zeitlichen Vergleich erkennt man, dass die landwirtschaftliche Nutzfläche zu Gunsten des Waldes und der sonstigen Flächen (Gewässer, verbaute Flächen) abnimmt.

Quelle: Statistisches Bezirkssystem (STABIS) des Amtes der Steierm. Landesregierung

Die landwirtschaftliche Nutzung an den Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes:



69 % Grünland (36 Standorte)
 25 % Acker (13 Standorte)
 4 % Hochalm (2 Standorte)
 2 % Wald (1 Standort)

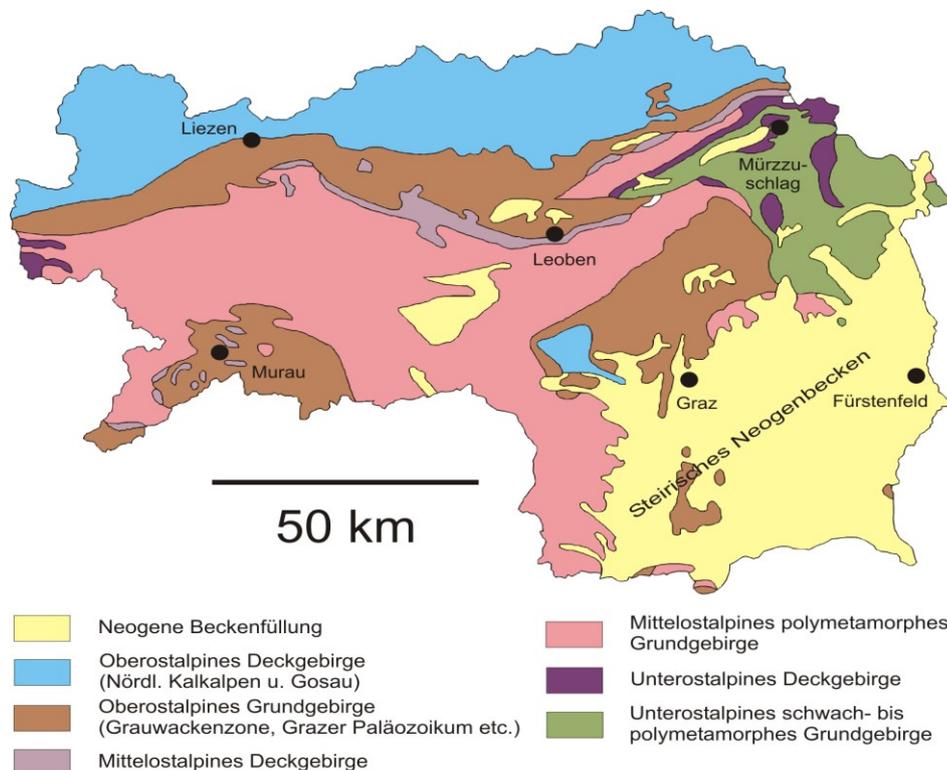


Der Standort **VOA 3** wurde zum Zeitpunkt der Erstbeprobung als Grünland genutzt und vor der Zehnjahreskontrolle 2004 umgeackert, sodass er künftig als Wechselland anzusprechen ist. In der obigen Darstellung wurde er noch als Grünland gezählt. Dies ist insofern von Bedeutung, als bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse unter Umständen die geänderte Probennahmetiefe des Oberbodens (1994 und 1995: 0-5 cm, 2004: 0-20 cm) geänderte Gehalte vortäuschen kann.

3. Geologie

Die Geologie der Steiermark

Geologie ist die Wissenschaft, die sich mit dem Aufbau und der Entwicklungsgeschichte unserer Erde beschäftigt. Als beschreibende Naturwissenschaft versucht sie durch Untersuchung der Gesteine deren Genese in Raum und Zeit zu erfassen und zu erklären. Durch Beobachten und Vergleichen werden physikalische Prozesse der Gegenwart auf Strukturen in Gesteinen übertragen und interpretiert. Die Plattentektonik gilt als Motor der endogenen Prozesse und beeinflusst auch die exogene Formgebung und damit die morphologische Gestaltung unserer festen Erde mit. Die Paläontologie, als Wissenschaft mit der Entwicklungsgeschichte des Lebens auf der Erde befasst, trägt wesentlich zum Verständnis der Entwicklungsabläufe auf der belebten Erde bei und bringt diese in einen relativen zeitlichen Zusammenhang. Sie liefert auch Aussagen zu ehemaligen ökologischen Gegebenheiten, hilft uns Bilder urzeitlicher Landschaften zu entwerfen und liefert Antworten bei rohstoffwirtschaftlichen Fragestellungen.



Die geologische Einteilung der Steiermark erfolgt primär nach tektonischen Einheiten. Dabei werden Gesteinseinheiten zusammengefasst, die im Laufe der Erdgeschichte entstanden sind und bei großen Bewegungen in der Erdkruste zu bestimmten Erdzeitaltern transportiert wurden. Vor allem die alpidische Gebirgsbildung - die Annäherung der europäischen und afrikanischen Kontinentalplatten - ist ausschlaggebend für die heutige Anordnung der geologischen Baueinheiten. Der komplizierte geologische Aufbau des Alpenkörpers spiegelt eine wechselvolle erdgeschichtliche Entwicklung wider, an dessen Erforschung noch intensiv gearbeitet wird.

Ein kompliziert verfalteter und übereinander geschobener Stapel von mächtigen Gesteinsdecken wird in unserem Bundesland durch drei große Ostalpen – Deckensysteme gegliedert. Diese Einheiten werden in den inneralpinen Talungen (z.B. Mur-, Mürztal)

und im Steirischen Becken von erdgeschichtlich jungen Ablagerungsgesteinen (Sedimente) überlagert.

Als tiefste Einheit (Unterostalpin) werden in der Steiermark umgewandelte (metamorphe) Gesteine des Erdaltertums zusammengefasst. Diese Gesteine entstanden vorwiegend im Erdaltertum und bilden die geologische Basis der Fischbacher Alpen und des Jogllandes. Neben ehemaligen Sedimentgesteinen findet man hier auch magmatische Gesteine, die im Zuge von Gebirgsbildungsprozessen durch erhöhte Druck- und Temperaturbedingungen umgewandelt (metamorph) wurden und heute als Glimmerschiefer und Grobgnais vorliegen.

Darüber liegt der mittelostalpine Deckenstapel (Mittelostalpin). Zu dieser Einheit gehören auf steirischer Seite die Gebirgszüge der Niederen Tauern, Seetaler Alpen, Koralmpe, Gleinalpe, Stubalpe, Rennfeld und das Kristallin von St. Radegund. Auch hier treten überwiegend Umwandlungsgesteine (Kristallingesteine), wie beispielsweise Glimmerschiefer, Marmor, Amphibolit, Gneis auf.

Der höchsten Deckeneinheit (Oberostalpin) werden neben den Nördlichen Kalkalpen, der Grauwackenzone (ein südlich anschließender schmaler Streifen) auch die Gesteine des Grazer Berglandes und der Umgebung von Voitsberg, Turrach sowie Sausal und Remschnigg zugeordnet. Während die Sedimente der Nördlichen Kalkalpen und der Kainacher Gosau aus dem Erdmittelalter (Mesozoikum) stammen, werden die teilweise erzführenden Ablagerungen des oberostalpinen Grundgebirges in das Paläozoikum (Erdaltertum) gestellt.

In der Süd- und Oststeiermark werden die bisher genannten Einheiten von Ablagerungsgesteinen aus der Erdneuzeit (Känozoikum) überlagert. Diese sedimentäre Entwicklung, in die auch Vulkangesteine eingeschaltet sind, dokumentiert eine wechselvolle Bildungsgeschichte im Steirischen Becken - eine Randbucht des Pannonischen Beckens am Ostrand des Alpenbogens. Seine nördliche und westliche Umrahmung bilden geologisch mannigfaltige Gesteine des Erdaltertums wie Kristallingesteine (Wechsel, Raabalpen, Muralpen, Korralpen) und Karbonatgesteine des Grazer Raumes. Eine Gliederung des Steirischen Beckens erfolgt durch die N-S verlaufende Mittelsteirische Schwelle, die durch die Bergzüge Plabutsch-Sausal- Poßruck obertägig markiert ist. Die NNE-SSW-verlaufende Südburgenländische Schwelle trennt das Steirische vom Pannonischen Becken. Durch diese Aufragungen des Untergrundes kam es zu verschiedenen Entwicklungen in den Teilbecken, die sich nicht nur in der unterschiedlichen Sedimentmächtigkeit wie zum Beispiel 800 m tiefes Weststeirisches und um 4.000 m tiefes Oststeirisches Becken dokumentieren. Die Bildung dieser Becken und die damit in Zusammenhang stehende gleichzeitige Verfüllung begann vor ca. 20 Millionen Jahren. Als Sedimente kommen Sande, alternierend mit Tonen und Kiesen, vor. Diese Abfolge begründet sich auf den Wechsel von marinen, limnischen und fluviatilen Ablagerungsmechanismen.

Die quartären Ablagerungen umfassen Bildungen der letzten 1,8 Millionen Jahre. Den größeren Anteil hat das durch einen klimatischen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten charakterisierte Pleistozän, die letzten 10.000 Jahre entfallen auf die geologische Jetztzeit, das Holozän.

Während der Kaltphasen des Pleistozäns baute sich in den Alpen eine mächtige Vergletscherung, ein so genanntes Eisstromnetz, auf. Im Bereich des Randgebirges (Steirisches Randgebirge, Wechsel) kam es nur noch zur Ausbildung von Kar- und kurzen

Talgletscherzungen. Außerhalb des glazialen Gebietes herrschte im Pleistozän glazifluviale bzw. rein periglaziale Morphodynamik.

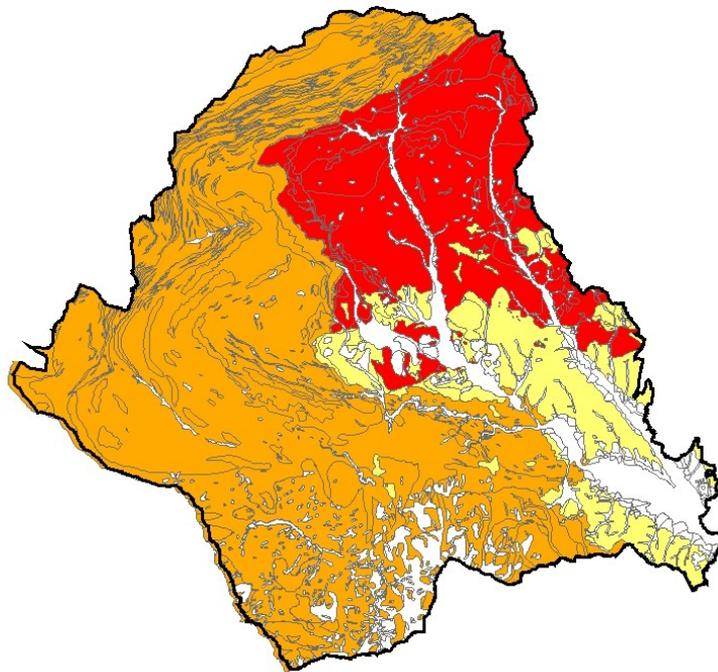
Känozoikum (Erdneuzeit)	1,8	Quartär					
	23,8	Neogen	23,8	Miozän	5,3	Pliozän	
					7,1	Pontium	
					11,5	Pannonium	
					13,6	Sarmatium	
					16,4	Badenium	
	17,3	Karpatium					
18,0	Ottangium						
65	Paläogen						
Mesozoikum (Erdmittelalter)	142	Kreide					
	205	Jura					
	250	Trias					
Paläozoikum (Erdaltertum)	290	Perm					
	354	Karbon					
	417	Devon					
	443	Silur					
	495	Ordovizium					
545	Kambrium						
Präkambrium	4600						

Geologische Zeittafel
(in Millionen Jahren)

Beitrag von:
Dr. Ingomar Fritz, Landesmuseum Joanneum – Geologie & Paläontologie, Graz

Geologie im Bezirk Voitsberg

Karte: GIS



Geologie-Voitsberg

- QUARTÄR
- TERTIÄR
- MITTELOSTALPINES DECKENSTOCKWERK
- OBEROSTALPINES DECKENSTOCKWERK

Die geologischen Großräume im Bezirk Voitsberg:

Quartär: In diesen Bereich fallen jene geologischen Ereignisse, welche sich in den letzten 1,8 Millionen Jahren ereignet haben. Im Wesentlichen handelt es sich um die Veränderungen der Erdoberfläche durch die 4 Eiszeiten Günz, Mindel, Riß und Würm, sowie um Ablagerungen und Veränderungen aus jüngster Zeit. Dazu zählen: Terrassensedimente, Moränen, Hangschutt, Material der Schwemmkegel und Talböden, Moore und anthropogene Ablagerungen (Halden, Deponien).

Tertiär: Dieser geologische Großraum umfasst die Veränderungen der Erdoberfläche aus dem Zeitraum von 1,8 - 65 Millionen Jahren.

Kalkalpen: Diese geologische Zone wurde aus Ablagerungen der Triaszeit (vor ca. 180 - 230 Millionen Jahren) gebildet, vom Kristallinsockel abgeschert und ortsfremd im Norden der Steiermark abgelagert.

Zu den Gesteinen dieses Großraumes zählen Kalke und Dolomite.

Die Schichten der **Gosau** wurden ebenfalls in diesen geologischen Großraum mit einbezogen. Sie stammen aber aus jüngeren Ablagerungen der Oberkreide (vor ca. 65 - 100 Millionen Jahren). Geografisch handelt es sich um kleinere Bereiche innerhalb der Kalkalpen und im Bezirk Voitsberg (**Kainacher Gosau**).

Paläozoikum: Dazu zählen geologische Formationen aus der Zeit des Erdaltertums von ca. 230 - 580 Millionen Jahren. In der Steiermark handelt es sich um die Gebiete des Voitsberger- und Grazer Paläozoikums, sowie kleinerer Bereiche im Sausal.

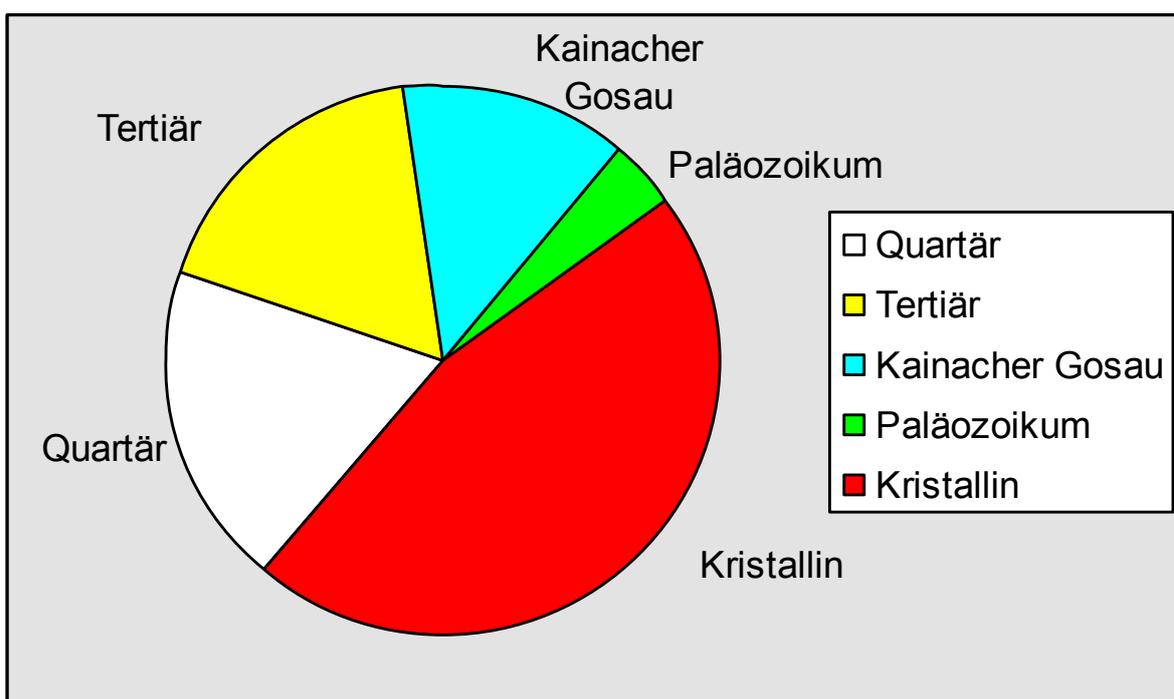
Ebenfalls aus diesem Zeitraum stammt die **Grauwackenzone** (GWZ). Ihre Gesteine sind sehr erzeich und sie erstreckt sich im Wesentlichen im Bereich zwischen den Kalkalpen und dem kristallinen Großraum.

Kristallin: Die Gesteine dieses geologischen Großraumes entstammen der frühesten Erdgeschichte, wurden aber im Laufe der Erdentwicklung laufend umgeformt und verändert (Metamorphose).

Die Verteilung der 52 Standorte des Bodenschutzprogrammes hinsichtlich der geologischen Großräume:

Geologischer Großraum	Standortbezeichnung	Anzahl Standorte
Quartär	VOI 1, 2, 3, 6 + 9, VOA 3 + 5, VOB 6 + 7, VOX 18	10
Tertiär	VOI 4, 5, 10 + 11, VOA 6 + 7, VOB 5, VOX 1 + 4	9
Kainacher Gosau (Kalk)	VOA 2, 4 + 8, VOB 8, VOX 3, 19 + 22	7
Paläozoikum	VOX 2 + 20	2
Kristallin	alle übrigen Standorte	24

Verteilung der untersuchten Standorte in den geologischen Großräumen:



4. Bodentypen

Böden, welche den gleichen Entwicklungszustand aufweisen, bilden einen **Bodentyp**. Er wird durch eine bestimmte Abfolge von Bodenhorizonten (genetische Tiefenstufen) charakterisiert.

Die Entwicklung der Böden ist vom Ausgangsmaterial, von der Oberflächenausformung (Morphologie), der Wasserbeeinflussung, vom Klima, von der Vegetation, vom Bodenleben und vom menschlichen Einfluss abhängig. Besonders in den Tallandschaften wurden die ursprünglichen bodenkundlichen Verhältnisse durch Meliorationsmaßnahmen (Entwässerung) oft grundlegend verändert.

Man unterscheidet folgende Bodentypen:

Niedermoore:

Niedermoore entstehen bei der Verlandung von stehendem oder langsam fließendem Gewässer bei Vorhandensein eines bestimmten Pflanzenbestandes (Seggen, Schilf und Braunmoose). Aus diesen Pflanzen bildet sich Torf, der - besonders nach Entwässerung - durch Zersetzung und Vererdung (Einschwemmung, zum Teil auch Einwehung von Mineralstoffen) langsam zu Boden wird. Niedermoorböden sind relativ mineralstoffreich.

Anmoore:

Als Anmoore bezeichnet man sehr humusreiche Mineralböden, deren Humus unter sehr feuchten Bedingungen entstanden ist. Diese meist mittel- bis tiefgründigen Böden zeigen vor allem an nassen Standorten Gleyerscheinungen. Sie haben oft eine ungünstige Struktur und sind im Allgemeinen von mittelschwerer oder schwerer Bodenart. Ihr landwirtschaftlicher Wert hängt von den Wasserverhältnissen und davon ab, wie weit ihr Humus zu Anmoormull umgewandelt ist.

Im Bereich von Quellaustritten findet man fallweise kleinräumige Hangniedermoore.

Auböden:

Dies sind Böden, welche aus (jungem) Schwemmmaterial entstanden sind und die Auodynamik (d. h. Wasserdurchpulsung in Abhängigkeit vom Wasser des dazugehörigen Gerinnes) aufweisen. Sie zeigen der Art ihrer Ablagerung entsprechend oft einen geschichteten Aufbau. Infolge ihres geringen Alters verfügen sie noch über einen hohen Mineralbestand.

Man unterscheidet: Rohauböden, Graue Auböden, Braune Auböden und Schwemmböden.

Gleye:

Unter einem Gley versteht man einen Mineralboden, in dem durch Grundwasser-Einfluss chemisch-physikalische Veränderungen eingetreten sind. Gleyhorizonte sind vor allem an den charakteristischen Flecken, oder an einer typischen Verfärbung des gesamten Horizontmaterials zu erkennen. Die Verfärbungen entstehen durch Sauer-

stoffmangel (Reduktion) und haben einen hellgrauen, blaugrauen, bläulichen oder grünlichen Farbton. Dort, wo das Grundwasser zeitweise oder ständig absinkt, dringt Luft ein (Oxidation) und eine meist fleckige rostbraune Verfärbung tritt ein. Sehr oft liegen ungünstige Strukturverhältnisse (Verdichtung) vor.

Da in Gleyhorizonten oft die Wurzelatmung völlig unterbunden ist, dringen Wurzeln nicht in diese Zonen ein. Die Gründigkeit des Bodens wird somit begrenzt, insbesondere wenn die Bodenverdichtung zusätzlich ein Eindringen der Wurzeln erschwert.

Man unterscheidet Typische Gleye, Extreme Gleye und Hanggleye.

Rendsinen und Ranker:

Wenn sich unmittelbar über festem oder aus großen Trümmern bestehendem Ausgangsmaterial ein deutlicher Humushorizont gebildet hat, spricht man - je nach der mineralogischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials - von Eurendsinen, Pararendsinen oder Rankern:

Eurendsinen:	vorwiegend aus Kalkgestein
Pararendsinen:	aus Kalkgestein und Silikaten
Ranker:	aus kalkfreiem Ausgangsmaterial

Beim Ranker sitzt der Humushorizont direkt am Muttergestein auf. In der landwirtschaftlichen Nutzung stellen derartige Böden ziemlich minderwertige, trockene Standorte dar.

Braunerden:

Dieser Bodentyp umfasst Böden, die infolge von Niederschlägen einer mehr oder weniger intensiven Verwitterung unterliegen. Dies lässt sich im Vorhandensein eines braunen Horizontes im Unterboden, dem B-Horizont, erkennen.

Je nach dem Ausgangsmaterial des B-Horizontes unterscheidet man Felsbraunerden, Lockersediment-Braunerden und Parabraunerden.

Podsole:

Podsol ist ein russischer Bauernname, der „Ascheboden“ bedeutet. Böden der Podsolgruppe enthalten nämlich unter der Humusaufgabe einen aschgrauen Bleichhorizont, der kaum organische Substanz enthält. Podsole entstehen durch kühles, niederschlagsreiches Klima, welches im Boden sogenannte Podsolierungsprozesse auslöst. Es handelt sich um stark saure Böden, welche kaum Nährstoffe enthalten und ein sehr schlechtes Speichervermögen besitzen.

Man unterscheidet Semipodsole und Typische Podsole.

Pseudogleye:

Enthält ein Boden einen nicht oder nur wenig durchlässigen Staukörper, so können über diesem Horizont Wasserstauungen auftreten. Der Staukörper kann dabei primär als geologische Schicht vorhanden sein, oder sich allmählich durch Einschlammung und Verdichtung gebildet haben. Die Staunässe, welche die über dem Staukörper liegende Stauzone ausfüllt, hat keinen durchgehenden Wasserspiegel und keine Verbindung mit dem tiefer liegenden Grundwasser. Sie tritt periodisch im Zusammenhang mit den Niederschlägen auf, sodass man von regelmäßigen feuchten und trockenen Phasen bzw. von Wechselfeuchtigkeit spricht.

Stauwasser Böden, die im Unterboden typische Verfärbungen zeigen, gibt es in mannigfacher Ausbildung. Sie gelten im Allgemeinen bei Ackernutzung als ertragsunsicher, unter bestimmten Voraussetzungen bewirkt jedoch die Stauwasser auch positive Effekte.

Man unterscheidet Typische und Extreme Pseudogleye, Stagnogleye und Hangpseudogleye.

Reliktböden:

Unter diesem Überbegriff versteht man sowohl Böden, die schon in der Vorzeit, also unter wesentlich anderen Klimabedingungen als heute, entstanden sind und nun als Relikte vorliegen, als auch Böden, deren Ausgangsmaterial zwar bereits in der Vorzeit geprägt worden ist, die aber in der Erdgegenwart einer neuerlichen Bodenbildung unterworfen wurden. Diese Böden haben meist eine intensivere Farbe als die Böden anderer Typen.

Man unterscheidet: Braunlehm, Rotlehm (Terra Rossa), Roterde, Relikt pseudogleye und Terra Fusca.

Atypische Böden:

Dazu zählen: **Ortsböden** (Farb-, Textur- und Strukturortsböden)

Gestörte Böden (Rest-, Kulturroh- und Rigolböden)

Schüttungsböden (Halden- und Planieböden, sowie Kolluvium und Bodensedimente)

Quelle: Niederösterreichische Bodenzustandsinventur 1994.



Bodenprofil (vergleyete Lockersediment-Braunerde mit deutlicher Pflugsohle)

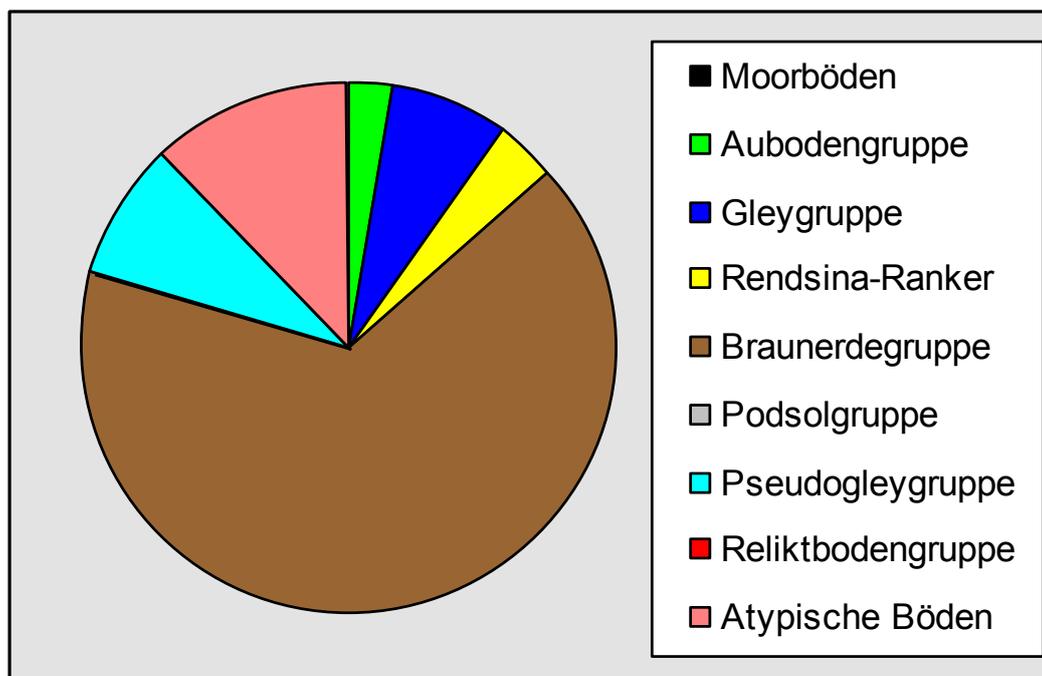
Die Verteilung der Kartierungsergebnisse auf die Bodentypengruppen und die Anzahl der vom Bodenschutzprogramm erfassten Standorte:

Bodentypen	ha	%	Standorte im Bodenschutzprogramm	
			Bezeichnung	Anzahl
Moorböden	18	0,09	---	0
Aubodengruppe	1.489	7,84	VOI 1 + 2, VOA 3, VOB 6	4
Gleygruppe	2.027	10,67	VOI 9, VOA 5, VOB 7	3
Rendsina - Ranker	2.668	14,04	VOA 1, VOB 3, VOX 5	3
Braunerdegruppe	11.639	61,26	alle übrigen Standorte	33
Podsol	0	0,00	---	0
Pseudogleygruppe	578	3,04	VOX 3, 4 + 23	3
Reliktbodengruppe	136	0,72	---	0
Atypische Böden	444	2,34	VOI 4, 5 + 6, VOA 6, VOB 8, VOX 19	6
Summe:	18.999	100,00		52

Die von der Bodenkartierung erfasste Fläche von rund 19.000 ha entspricht der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Bezirkes zum Zeitpunkt der bodenkundlichen Erfassung.

Quelle:

Legendenblätter zur Bodenkarte 1:25.000 der Österreichische Bodenkartierung: Kartierungsbereich Voitsberg (Ing. Leo Steiner - 1993).



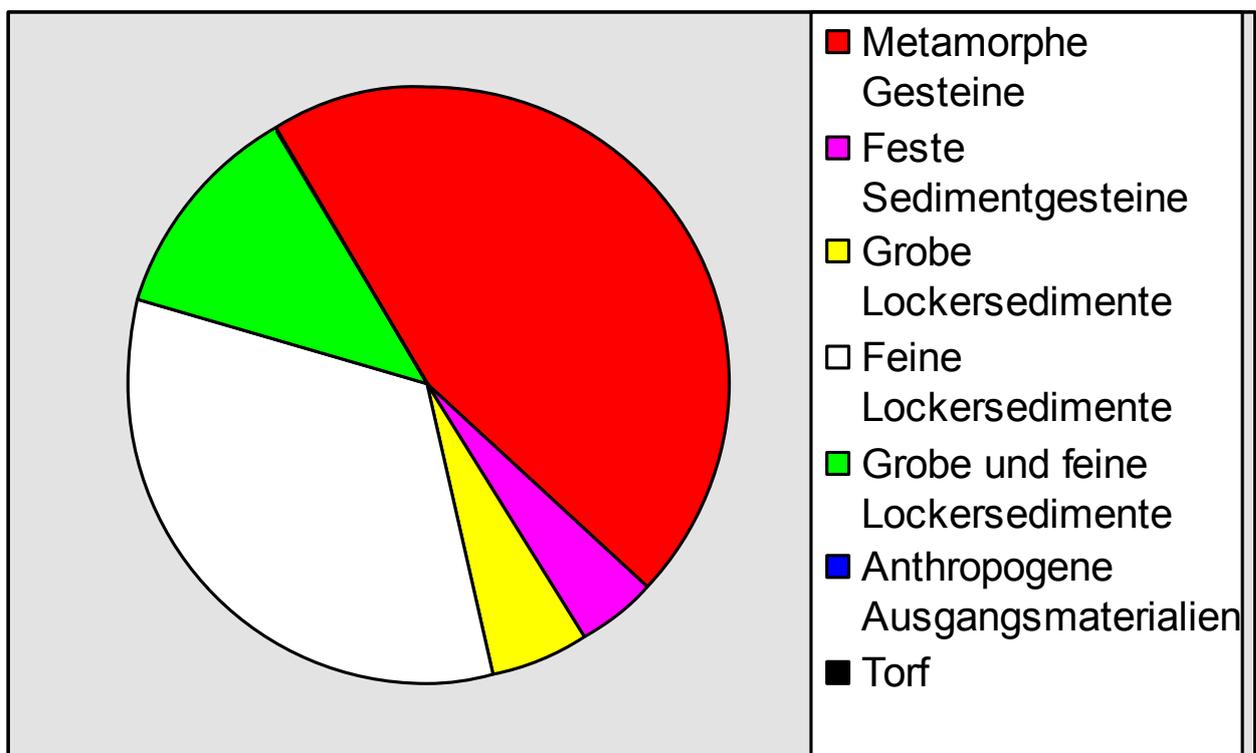
Verteilung der untersuchten Standorte des Bodenschutzprogrammes

5. Bodenbildendes Ausgangsmaterial

Nach der bundesweiten Empfehlung zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise bei Bodenzustandsinventuren werden Böden folgenden bodenbildenden Ausgangsmaterialien zugeordnet:

Ausgangsmaterial	Standorte	Anzahl
Vulkanite	---	0
Metamorphe Gesteine	alle übrigen Standorte	25
Feste Sedimentgesteine	VOA 2, 4 + 8, VOB 8, VOX 3, 19 + 22	7
Grobe Lockersedimente	VOB 4	1
Feine Lockersedimente	VOI 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10 + 11, VOA 3, 5 + 6, VOB 6 + 7, VOX 4 + 18	15
Feine und grobe Lockersedimente	VOA 7, VOB 5, VOX 1	3
Anthropogene Ausgangsmaterialien	VOI 6	1
Torf	---	0

Das bodenbildende Ausgangsmaterial der im Bezirk Voitsberg untersuchten Standorte besteht aus metamorphen Gesteinen, festen Sedimentgesteinen, Lockersedimenten und anthropogenen Ausgangsmaterialien (Abraum des Kohlenbergbaus).



Das bodenbildende Ausgangsmaterial der untersuchten Standorte

6. Erosion

Geologen und Geographen verstehen unter Erosion die ausfurchende und einschneidende Wirkung des fließenden Wassers auf die Erdoberfläche, wodurch diese in Talformen und Rücken zergliedert wird.

Unter der **kulturbedingten** Erosion versteht man die vom Menschen ausgelöste Verlagerung von Bodenbestandteilen durch abfließendes Wasser. Der Einfluss des Menschen besteht dabei überwiegend in einer Beseitigung der natürlichen Pflanzengesellschaften. Eine ackerbauliche Landnutzung wirkt daher meist erosionsfördernd.

In der Steiermark waren bis etwa 1970 kaum Erosionsprobleme bekannt. Eine vielgliedrige Fruchtfolge, in der alle standortsüblichen Feldfrüchte Platz fanden, sorgte für die Bodengare. Relativ kleine, oft hangparallele Parzellen, Ackerterrassen auf steileren Hängen und Buschreihen an den Flurgrenzen hielten den Bodenabtrag in Grenzen. Erst als diese arbeitsaufwändige Landnutzung wegen wirtschaftlicher Zwänge aufgegeben werden musste und die Mechanisierung erheblich zunahm, wurde die Bodenerosion allmählich zur Gefahr für die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit (Zeitschrift „Der Pflanzenarzt“, 1987).

Ursachen der Bodenerosion:

- Ausräumung der einst reich gegliederten Kulturlandschaft
- Inanspruchnahme guter Ackerlagen für Verbauung, Rohstoffgewinnung usw.
- Vereinfachung der Fruchtfolge bis zur Maismonokultur
- Wegfall von Stallmist und Leguminosen als Bodenverbesserer
- Befahren und Bearbeiten der Äcker mit schweren Geräten in zu feuchtem Zustand.

Eine **grobe Abschätzung der Erosionsgefährdung** der Untersuchungsstandorte des Bodenschutzprogrammes erfolgte entsprechend der nachstehenden Tabelle nach **Nutzungsart** und **Hangneigung**:

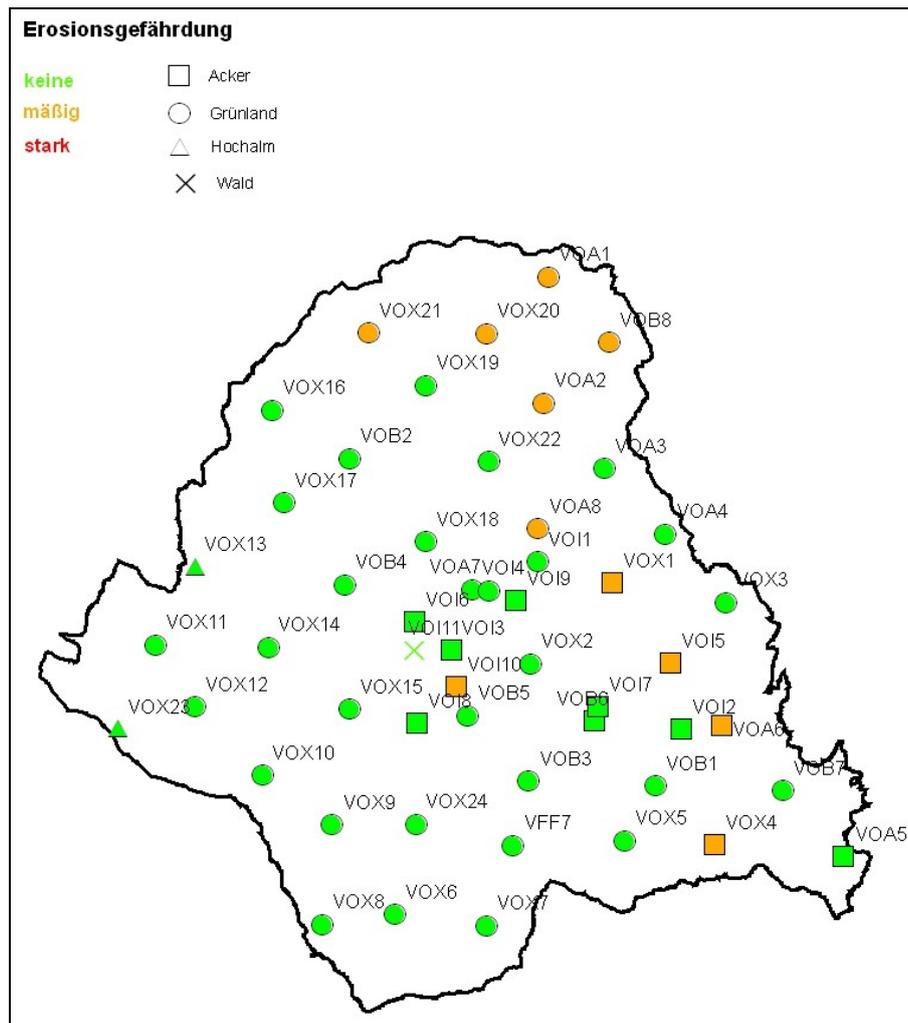
Erosionsgefährdung:	stark	mäßig	keine
Acker	> 10°	5 - 10°	0 - 4°
Wald	---	≥ 25°	0 - 24°
Grünland, Obstanlagen	---	≥ 20°	0 - 19°
Weinanlagen	---	≥ 10°	0 - 9°

Da keiner der ackerbaulich genutzten Untersuchungsstandorte mehr als 10° Hangneigung aufweist, wurden keine Flächen als **stark** erosionsgefährdet eingestuft.

Von den 52 Untersuchungsstellen des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Voitsberg sind nach dieser groben Abschätzung 11 Standorte **mäßig** stark erosionsgefährdet.

An den übrigen 41 Untersuchungsstandorten besteht **keine** Gefahr von Erosion.

Die Erosionsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Voitsberg:



Da die Bodenerosion auf lange Sicht die Bodenfruchtbarkeit zerstört und dadurch wertvolles, humoses mit Nährstoffen angereichertes Pflanzenmaterial verloren geht, liegt die **Eindämmung der Erosion** im Interesse jedes verantwortungsvollen Landwirtes. Nach Mayer (1998) ist auch in den nächsten Jahren zu erwarten, dass in der Steiermark jene Kulturen überwiegen werden, die am kostengünstigsten bei guten Roherträgen produzierbar sind. Dies werden weiterhin Reihenfrüchte wie Mais oder Ölkürbis sein, die besonders erosionsanfällig sind.

Durch **pflanzenbauliche** (Untersaaten und Eingrünung zwischen zwei Maisvegetationsperioden) und **landtechnische Maßnahmen** (nicht-wendende Bodenbearbeitung und minimale Saatbettbereitung) können Reihenkulturen weniger erosionsanfällig angelegt werden.

Fruchtfolgen mit hohem Bedeckungsgrad sind ebenfalls geeignet.

Auch die Anlage von Dauergrünland, die Stilllegung und die Aufforstung stellen in extremen Hanglagen Lösungsansätze dar.

7. Bodenverdichtung

Der ideale Zustand für unsere Kulturpflanzen ist ein garer Boden. Das Gegenteil von Bodengare ist die Bodenverdichtung. Dabei treten folgende Schadensbilder auf:

- Verlust der Krümelstruktur
- Verminderung des Porenvolumens, vor allem der Grobporen
- Gehemmte Wasserführung
- Gestörter Gasaustausch
- Beeinträchtigtes Wurzelwachstum
- Reduziertes Bodenleben

Die **Ursachen der Bodenverdichtung** liegen einerseits in den natürlichen, geologisch-pedogenen Voraussetzungen (schluff- und tonreiche Sedimente), andererseits in anthropogenen Einwirkungen.

Zu den vom Menschen verursachten Einwirkungen zählen:

- Bodenbearbeitung (Einsatz von schweren Maschinen und Fahrzeugen, Bearbeiten und Befahren des Bodens im feuchten Zustand)
- Düngung (mineralische Düngung allein führt zu Humusabbau)
- Monokultur

Strukturschäden im Boden sind nicht irreparabel. Sie können durch gezielte standortsangepasste Bodenbewirtschaftung aufgehoben, oder von vornherein vermieden werden. Neben einer standortsangepassten Fruchtfolge sind vor allem der Bodenbearbeitung und der Wahl des optimalen Zeitpunktes der Bearbeitung große Beachtung zu schenken. Bei der Düngung ist darauf zu achten, dass einerseits die Kulturpflanzen ausreichend mit Nährstoffen versorgt werden und andererseits das Bodenleben gefördert wird. Dadurch werden günstige Voraussetzungen zur Erhaltung der Bodengare geschaffen (z.B. Gründüngung oder Stallmist ergänzt durch mineralischen Dünger).

Eine **grobe Abschätzung der Gefahr von Bodenverdichtung** an den Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes erfolgte entsprechend der nachstehenden Tabelle nach **Nutzungsart** und **Bodenschwere** (abgeleitet aus dem Tongehalt des Bodens; siehe Seite 29):

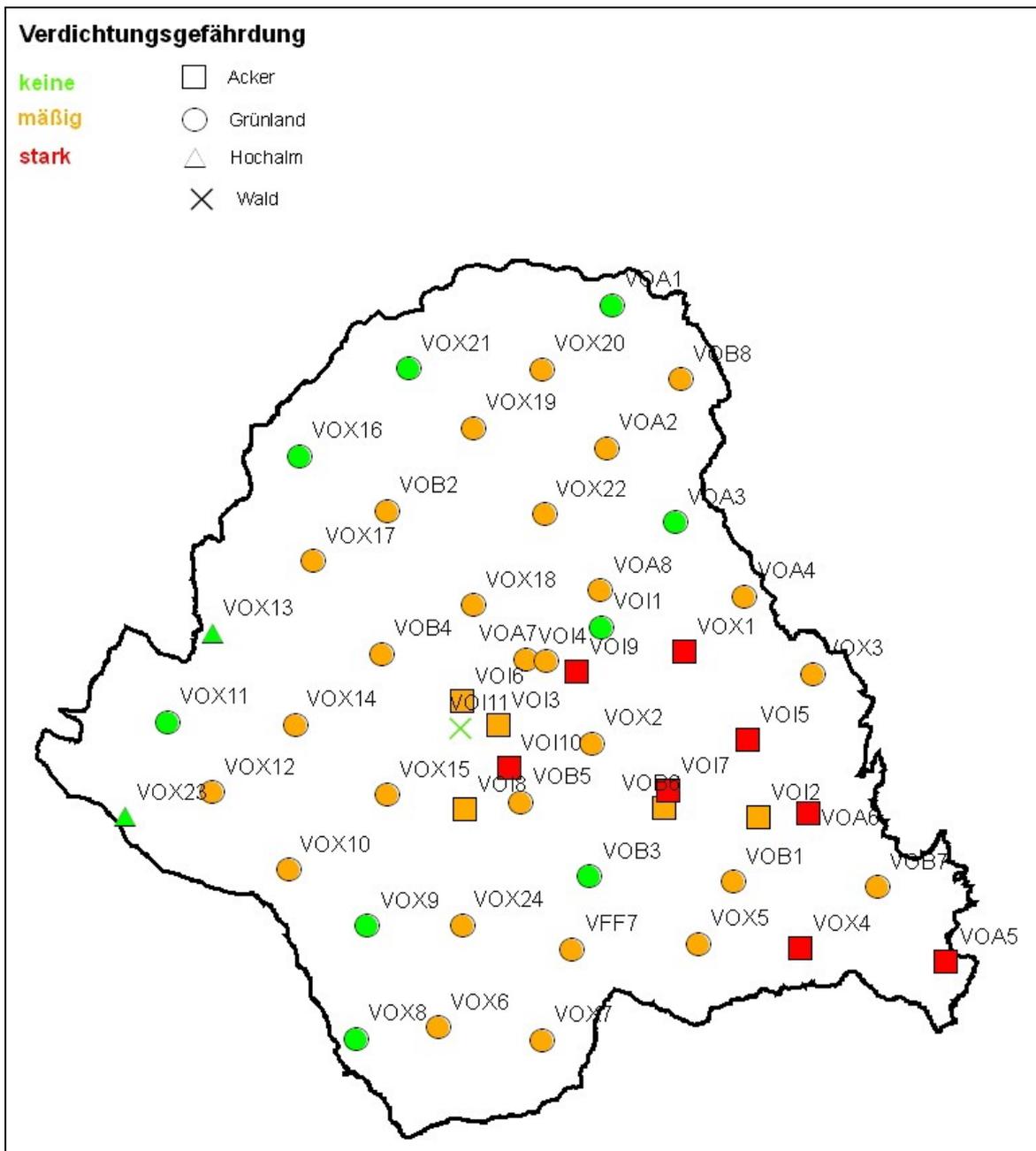
Gefahr von Bodenverdichtung:	stark	mäßig	keine
Acker	mittlere und schwere Böden	leichte Böden	---
Grünland	---	mittlere und schwere Böden	leichte Böden
Sonderkulturen	---	alle	---

Von den 52 Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Voitsberg sind nach dieser groben Abschätzung 8 Ackerstandorte **stark** verdichtungsgefährdet.

32 Standorte sind als **mäßig** gefährdet einzustufen.

Nur 12 der untersuchten Standorte weisen **keine** Verdichtungsgefährdung auf.

Die Verdichtungsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Voitsberg:



8. Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes werden den betreffenden Grundstückseigentümern bzw. Pächtern schriftlich mitgeteilt.

Die Diskussion bzw. Präsentation der Untersuchungsergebnisse in der Öffentlichkeit erfolgt durch den jährlich erscheinenden Bodenschutzbericht und im Internet.

Die **Internet - Adresse** lautet:

www.bodenschutz.steiermark.at

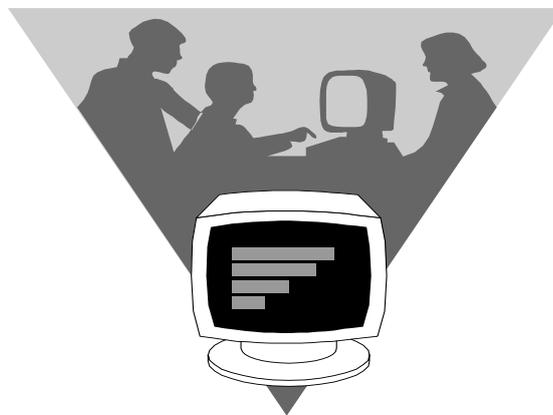
Die Abfrage erfolgt mittels Hotlink-Werkzeug (Blitzsymbol) durch Anklicken des gewünschten Standortes in der Übersichtskarte (eventuell vorher Zoomfunktion verwenden).

Für jeden Standort sind

- die bodenkundliche Profilbeschreibung,
- die Analysenergebnisse aller untersuchten Parameter und
- eine verbale Beurteilung der Analysenergebnisse des Oberbodens

in übersichtlicher Form dargestellt.

Weitere vielfältige Informationen zum Thema Umweltschutz in der Steiermark sind im Landes-Umwelt-Informationssystem (LUIS) unter **www.umwelt.steiermark.at** abrufbar.



Übersicht Bodenschutzberichte

Seit dem Jahr **1988** wurde entsprechend der gesetzlichen Vorgabe dem Steiermärkischen Landtag jährlich ein Bodenschutzbericht zur Kenntnis gebracht.

Folgende Themen wurden darin behandelt:

Bodenschutzberichte 1988 - 1997:

Die ersten zehn Jahre der Berichtslegung behandelten den damals aktuellen Stand der Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes.

Bodenschutzbericht 1998 (Steiermark-Raster):

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im 4x4 km - Raster (392 Standorte). Erste Grundlagen für Beurteilungskriterien (Normalwerte, Analysenfehler).

Bodenschutzbericht 1999 (Potentielle Kontaminationsflächen):

Bodenbelastungen auf Grund von geologischen Besonderheiten und Umwelteinflüsse menschlichen Ursprungs (historischer Bergbau, Industrie, Verkehr, Tontaubenschießplätze).

Bodenschutzbericht 2000 (Die Variabilität von Bodenparametern):

Erste Ergebnisse zur Bodendauerbeobachtung (10-Jahreskontrolle von 109 Nichttrasterstandorten) und Ergebnisse des einjährigen Projektes "Untersuchungen zur zeitlichen und örtlichen Variabilität von Bodenparametern".

Bodenschutzberichte ab 2001:

Bezirksweise Zusammenfassung der Ergebnisse der Bodenzustandsinventur.

Jahr	Bodenzustandsinventur
2001	Bezirk Radkersburg
2002	Bezirk Leibnitz
2003	Bezirk Deutschlandsberg
2004	Bezirk Feldbach
2005	Bezirk Fürstenfeld
2006	Bezirk Hartberg
2007	Bezirk Murau
2008	Bezirk Weiz
2009	Bezirk Voitsberg

Anforderung von Berichten:

Frau Mag. Dr. Gertrude Billiani

Tel.: 0316-877-6651

E-mail: gertrude.billiani.stmk.gv.at

Geplante Bodenschutzberichte:

- Weiterführung der bezirksweisen Bodenzustandsinventur
- Die Bodenzustandsinventur der Steiermark (Zusammenfassung).
- Schwermetalle in Pflanzen (frühestens 2017).

Alle Bodenschutzberichte ab 1998 sind im Internet unter <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10215574/2998692/> als pdf-File zugänglich.

Allgemeines

Die Untersuchung der Parameter wird gemäß der Bodenschutzprogrammverordnung durchgeführt, wobei die Analyse der chlorierten und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe prinzipiell nur im Oberboden erfolgt und der jeweilige Unterboden nur bei Auffälligkeiten im Gehalt der Krume kontrolliert wird. Triazinherbizid-Rückstände werden nur an Ackerstandorten untersucht und die Bestimmung der Korngrößen (Sand-Schluff-Ton) erfolgt nur im Erstuntersuchungsjahr.

Sämtliche Bestimmungen beziehen sich auf den auf 2 mm Korngröße gesiebten, luft-trockenen Feinboden. Nur bei der Untersuchung auf Triazinrückstände wird das frische Probenmaterial verwendet und das Ergebnis nachträglich auf die Trockensubstanz (105°) bezogen.

Bei der Diskussion der Untersuchungsergebnisse werden in erster Linie die Mittelwerte der Oberböden herangezogen. Die Ergebnisse der Unterböden werden erst bei speziellen Fragestellungen bzw. Auffälligkeiten im betreffenden Oberboden näher betrachtet.

Die Ergebnisse gelten streng genommen nur an der beprobten Untersuchungsfläche, welche ein Ausmaß von ca. 0,1 ha hat und repräsentieren den Bodenzustand zum Zeitpunkt der Probennahme.

Genauigkeit der Messergebnisse:

Jedes Messergebnis ist fehlerbehaftet (Bodenschutzbericht 1998, Seiten 26 ff). Die Angabe der Untersuchungsergebnisse ist daher folgendermaßen zu verstehen:

Messwert ± **Vertrauensbereich**

Der Begriff „**Vertrauensbereich (VB)**“ wird statistisch definiert als die zweifache kombinierte Messunsicherheit, in welche alle Fehlerquellen von der Probenahme bis zur Endberechnung eines Untersuchungsparameters summarisch eingehen (in früheren Berichten wurde anstelle des Vertrauensbereiches der Begriff „Analysefehler“ verwendet).

Der Vertrauensbereich ist - egal ob man ihn absolut oder prozentuell ausdrückt - konzentrationsabhängig. Das heißt, der für einen Untersuchungsparameter angegebene Vertrauensbereich gilt nur für einen konkreten, engen Gehaltsbereich.

Die Berechnung des Vertrauensbereiches erfolgt üblicherweise aus der Standardabweichung von Mehrfachbestimmungen nach: $VB = 2 \times STABW$.

Da Untersuchungsdaten von Böden in der Regel eine sehr geringe temporäre Variabilität aufweisen (vergleiche Bodenschutzbericht 2000), wurden für die Berechnung des Vertrauensbereiches die Analysenergebnisse der Erst- und Wiederholungsuntersuchungen aller Bodenschutzstandorte herangezogen. Nach einer Ausreißereliminierung wurde die Ausgleichsgerade berechnet und der Vertrauensbereich für den Mediangehalt steirischer Böden ermittelt. Die nachstehende Tabelle ist eine Zusammenfassung dieser Schätzwerte für den Vertrauensbereich am Mediangehalt steirischer Böden.

Durchschnittsgehalte im Oberboden und Vertrauensbereiche (VB):

Parameter	Einheit	Mediangehalte (Bez. Voitsberg)	Mediangehalte (Steiermark)	Vertrauensbereich (geschätzt)
Sand	%	38,50	35,00	2,10*
Schluff	%	44,50	48,00	2,94*
Ton	%	16,00	16,00	2,35*
Humus	%	6,08	6,15	0,95
P2O5	mg/100g	4,50	6,00	3,14
K2O	mg/100g	16,91	16,00	5,97
pH-Wert	---	5,62	5,43	0,24
CaCO ₃ > 0	%	0,20	0,20	0,09
CaKat	mg/100g	242,50	242,50	37,88
MgKat	mg/100g	21,50	24,00	5,46
KKat	mg/100g	12,68	12,00	5,37
NaKat	mg/100g	1,35	1,20	0,50
Mg	mg/100g	14,03	17,00	3,45
Bor	mg/kg	0,30	0,38	0,30
EDTA-Cu	mg/kg	5,28	5,30	1,01
EDTA-Zn	mg/kg	5,18	7,45	2,43
EDTA-Mn	mg/kg	301,25	299,50	56,36
EDTA-Fe	mg/kg	426,25	538,25	128,81
Fluor	mg/kg	0,45	0,49	0,15
Cu	mg/kg	28,81	25,13	3,49
Zn	mg/kg	102,63	94,95	11,73
Pb	mg/kg	27,09	27,44	4,06
Cr	mg/kg	44,50	39,93	5,86
Ni	mg/kg	33,81	26,35	3,33
Co	mg/kg	15,18	12,70	1,66
Mo	mg/kg	0,83	0,89	0,13
Cd	mg/kg	0,27	0,28	0,06
Hg	mg/kg	0,13	0,13	0,04
As	mg/kg	6,15	11,55	1,70
PAH-Summe	µg/kg	59,33	65,00	26,08

* Da die Bestimmung der drei Korngrößenfraktionen nur bei der Erstprobennahme erfolgte, wurde der Vertrauensbereich der Parameter Sand, Schluff und Ton aus den Ergebnissen von Ringversuchen geschätzt (ohne Probenahmefehler).

Die Tabelle zeigt einen Vergleich der **Mediangehalte** der untersuchten Parameter in den Oberböden aller 1.000 Untersuchungsflächen in der Steiermark und der Untersuchungsstandorte im Bezirk Voitsberg, sowie die geschätzten Vertrauensbereiche beim Mediangehalt der Steiermark. Beim Vergleich der Durchschnittsgehalte der Steiermark mit jenen der Böden im Bezirk Voitsberg lassen sich nur bei den Elementen Nickel und Arsen signifikante Unterschiede erkennen, welche in einer unterschiedlichen geogenen Grundbelastung begründet sind.

Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe:

Zur Beurteilung der Untersuchungsergebnisse werden in erster Linie die " Richtlinien für sachgerechte Düngung" - 6. Auflage des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft von 2006 herangezogen.

Die Hochalmstandorte, sowie die forstwirtschaftlich genutzten Standorte wurden näherungsweise wie Grünland beurteilt.

Sand, Schluff, Ton:

Die Bestimmung dieser drei Korngrößenfraktionen erfolgt laut Bodenschutzprogrammverordnung nur im Erstbeprobungsjahr und wird aus analytischen Gründen nur bis zu einem Humusgehalt von maximal 15 % durchgeführt.

Allgemeines:

Die Korngrößenverteilung im Boden hat einen großen Einfluss auf Ertragsfähigkeit, Bearbeitbarkeit und Filtervermögen des Bodens. Die grobe Einteilung des mineralischen Bodenmaterials in Sand (63 - 2000 μm), Schluff (2 - 63 μm) und Ton (< 2 μm) ermöglicht eine Beurteilung von wichtigen Bodeneigenschaften, wie zum Beispiel der **Bodenschwere**:

„Schwerer“ Boden: Tongehalt: > 25%

„Mittlerer“ Boden: Tongehalt: 15 - 25 %

„Leichter“ Boden: Tongehalt: < 15%

Böden mit einem hohen Tonanteil besitzen eine große Filterkapazität, was für das Bindevermögen von Schadstoffen günstig ist, andererseits aber die Bearbeitbarkeit erschwert. Umgekehrtes gilt für Böden mit einem hohen Sandanteil, sodass Schluff- und Lehmböden mittleren Tongehaltes bei gutem Gefüge die günstigste Konstellation chemischer und physikalischer Eigenschaften darstellen.

Die Bodenschwere ist auch ein wichtiger Einflussfaktor bei der Beurteilung der Nährstoffversorgung mit Kalium, Magnesium und Bor sowie zur Charakterisierung des anzustrebenden Mindesthumusgehaltes und Säuregrades im Boden.

Die Bestimmung der Korngrößen erfolgt nach ÖNORM L1061-2.



Untersuchungsergebnisse:

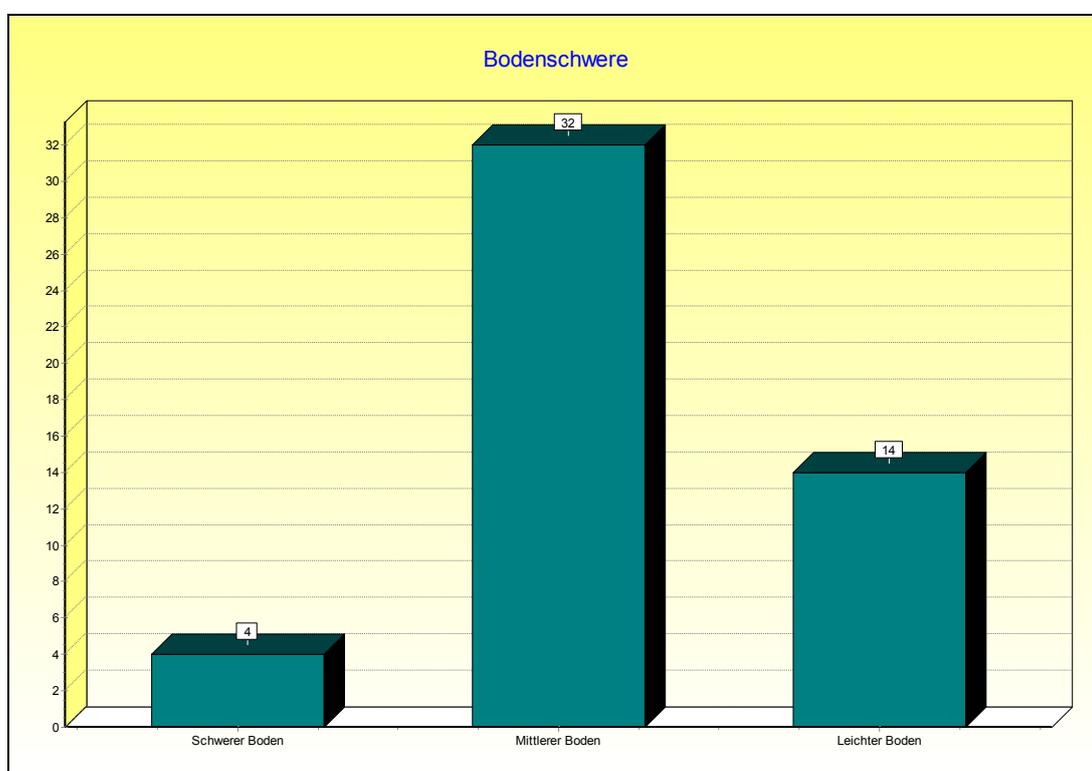
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen der **Bodenschwere** im Bezirk Voitsberg:

Bodenschwere	Anzahl Standorte		
	„schwer“	„mittel“	„leicht“
Grünland	4	23	9
Acker	-	8	5
Hochalm	-	1	-
Wald	-	-	-
Alle Standorte in VO in %	8 %	64 %	28 %
Steiermark in %	13 %	45 %	42 %

→ Im Bezirk Voitsberg findet man deutlich weniger leichte bzw. schwere Böden als im Landesschnitt; der Anteil der mittelschweren Böden ist dafür entsprechend höher.

Der Waldstandort **VOI 11** und die Hochalmfläche **VOX 23** konnten nicht untersucht werden, da die Analysenmethode für den hohen Humusgehalt an den Untersuchungsflächen nicht geeignet ist.

Die vier Grünlandstandorte **VOA 4**, **VOB 7 + 8** und **VOX 3** sind dem speziellen Bodentyp eines **Lehmbodens** mit einem Tongehalt zwischen 25 und 40 % zuzuordnen. Als **Lehm** werden generell Böden mit ungefähr gleichmäßigen Anteilen aller drei Korngrößenfraktionen (Sand, Schluff und Ton) bezeichnet.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen der Bodenschwere

Humus:

Allgemeines:

Der Humusgehalt bzw. die organische Substanz eines Bodens ist definiert als die Gesamtheit der abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Stoffe sowie deren Umwandlungsprodukte in und auf dem Boden.

Humus zählt zu den wichtigsten Bestandteilen eines Bodens. Er beeinflusst das Wasser-, Nährstoff- und auch Schadstoffspeichervermögen ebenso positiv, wie die Pufferkapazität oder die Strukturstabilität. Humus ist deshalb nicht nur ein wesentlicher Faktor der Bodenfruchtbarkeit, er hat auch einen bedeutenden Anteil an der Schutzfunktion des Bodens für die Nahrungskette und das Grundwasser.

Der Humusanteil des Bodens ist ständigen Um-, Auf- und Abbauprozessen unterworfen und daher eine veränderliche und beeinflussbare Größe. Huminstoffe können mit Tonpartikeln relativ starke Bindungen eingehen. Dadurch entsteht im Boden ein stabiles Aggregatgefüge. Die Bindung an die Tonminerale macht die organischen Stoffe resistenter gegen mikrobiellen Abbau.

Die Fähigkeit der Huminstoffe metallorganische Komplexe bilden zu können, ist von größter Wichtigkeit für die komplizierten Vorgänge der Pflanzenverfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen.

Ein ausführlicher, vertiefender Beitrag zur Bedeutung des Humusgehaltes im Boden wurde im Bodenschutzbericht 1992 und auf der dem Bodenschutzbericht 2000 beigelegten CD-ROM veröffentlicht ("Humus in steirischen Böden" von Dr. Max Eisenhut, ehem. Bundesanstalt für Bodenvirtschaft - Außenstelle Graz).

Der anzustrebende Mindesthumusgehalt im Boden ist in Abhängigkeit zur Bodenschwere unterschiedlich. Während auf leichten Böden ein entsprechender Humusgehalt eine niedrige Sorptionsleistung teilweise ausgleicht bzw. diese erhöht, erfüllt er in schweren Böden in erster Linie die Aufgabe den Boden zu lockern und die Krümelbildung zu fördern.

Anzustrebender Mindesthumusgehalt in Ackerböden in Abhängigkeit zum Tongehalt (Bodenschwere):

Tongehalt	Anzustrebender Mindesthumusgehalt
unter 15 %	1,5 %
von 15 - 25 %	2,0 %
über 25 %	2,5 %

Im Grünland besteht keine Gefahr der Unterschreitung der Mindestgehalte.

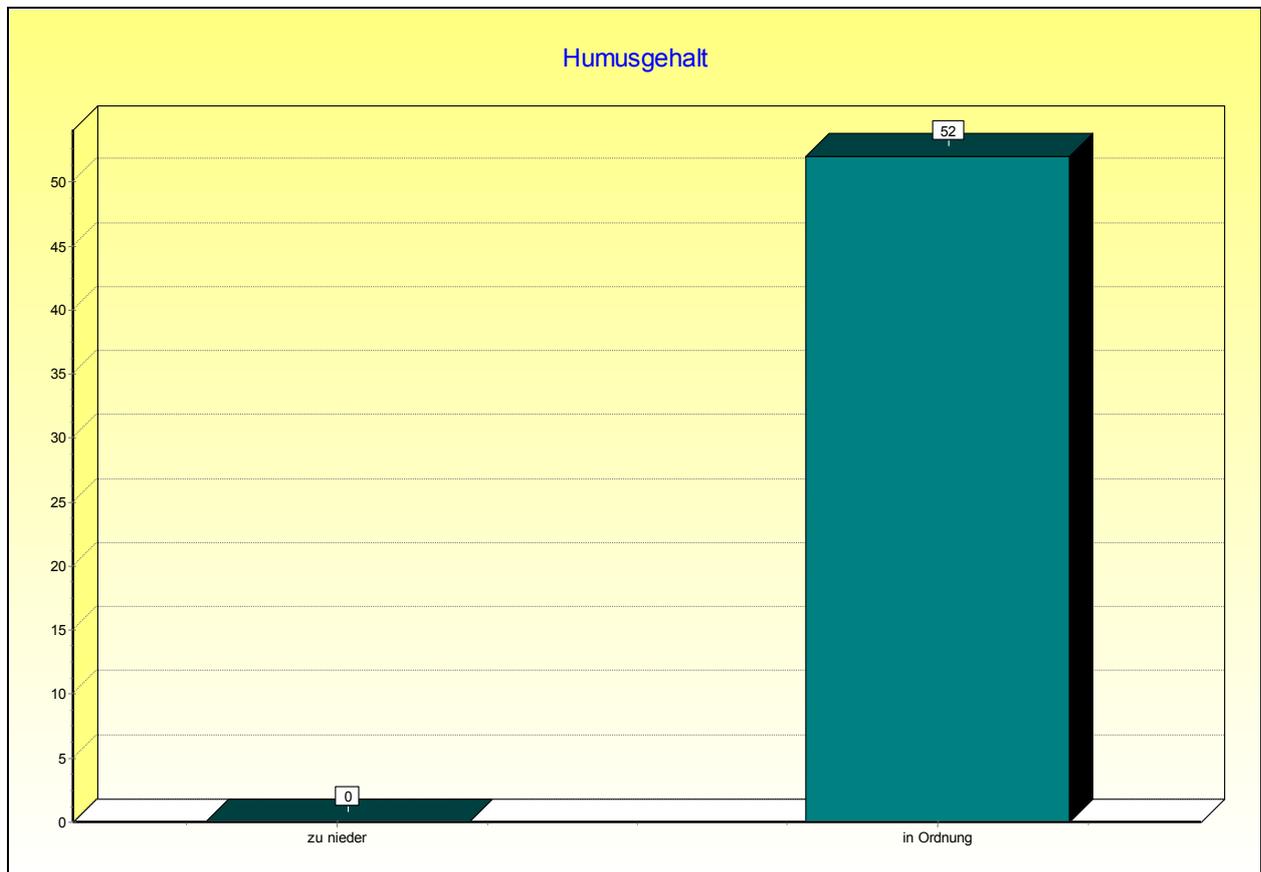
Die Bestimmung des Humusgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1081 (Bestimmung durch Nassoxidation).

Untersuchungsergebnisse:

Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Humusgehaltes** im Bezirk Voitsberg:

Anzahl Standorte		
Humusgehalt	„zu nieder“	„in Ordnung“
Grünland	-	36
Acker	-	13
Hochalm	-	2
Wald	-	1
Alle Standorte in VO in %	0 %	100 %
Steiermark in %	2 %	98 %

➔ Der Humusgehalt der im Bezirk Voitsberg untersuchten Böden ist an allen Probenahme­flächen in Ordnung.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Humusgehaltes

pH-Wert:

Allgemeines:

Der pH-Wert des Bodens (auch Acidität oder Säuregrad genannt) hat maßgeblichen Einfluss auf die Mobilisierbarkeit von Metallen (Nährstoffhaushalt und Verfügbarkeit von Schadstoffen).

Bei Umweltdiskussionen hat die Befürchtung einer zunehmenden Bodenversauerung in den letzten beiden Jahrzehnten immer wieder zu Bedenken Anlass gegeben. Dazu kann allgemein gesagt werden, dass der Boden am besten vor Versauerung geschützt ist, wenn seine Austauschkapazität hoch und mit Erdalkalitionen (Kalzium, Magnesium) gut abgesättigt ist, oder wenn freies Karbonat im Boden vorliegt. Die natürlichen sowie die durch die Bewirtschaftung bedingten, unvermeidlichen Basenverluste werden damit kompensiert. In humusarmen Sandböden kann die Versauerung allerdings innerhalb kurzer Zeit schwerwiegende Ausmaße erreichen.

Durch die Abhängigkeit des pH-Wertes vom Humusgehalt sind bei vergleichbarem bodenbildenden Ausgangsmaterial ackerbaulich genutzte Böden nicht so sauer wie Grünlandstandorte.

Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit zu niedrigem pH-Wert (Bewertung „sauer“) ist als bodenverbessernde Maßnahme eine Gesundungskalkung angebracht.

Anzustrebender Säuregrad in Abhängigkeit zur Bodenschwere:

Bodenschwere (Tongehalt)	Anzustrebender Säuregrad	
	Ackerland*, Wein- und Obstgärten	Grünland
unter 15 %	über 5,5	um 5,0
15 - 25 %	über 6,0	um 5,5
über 25%	über 6,5	um 6,0

* Beim Anbau von Hafer, Roggen oder Kartoffel kann der Säuregrad jeweils um 0,5 Einheiten niedriger sein.

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgt nach ÖNORM L1083 durch Messung der Wasserstoffionenaktivität einer Suspension von Boden in einer CaCl₂ - Lösung.

Untersuchungsergebnisse:

Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Säuregrades** im Bezirk Voitsberg:

Anzahl Standorte

Säuregrad*	„sauer“	„in Ordnung“	„basisch“
Grünland	-	20	16
Acker	2	10	1
Hochalm	2	-	-
Wald	1	-	-
Alle Standorte in VO in %	9 %	58 %	33 %
Steiermark in %	37 %	45 %	18 %

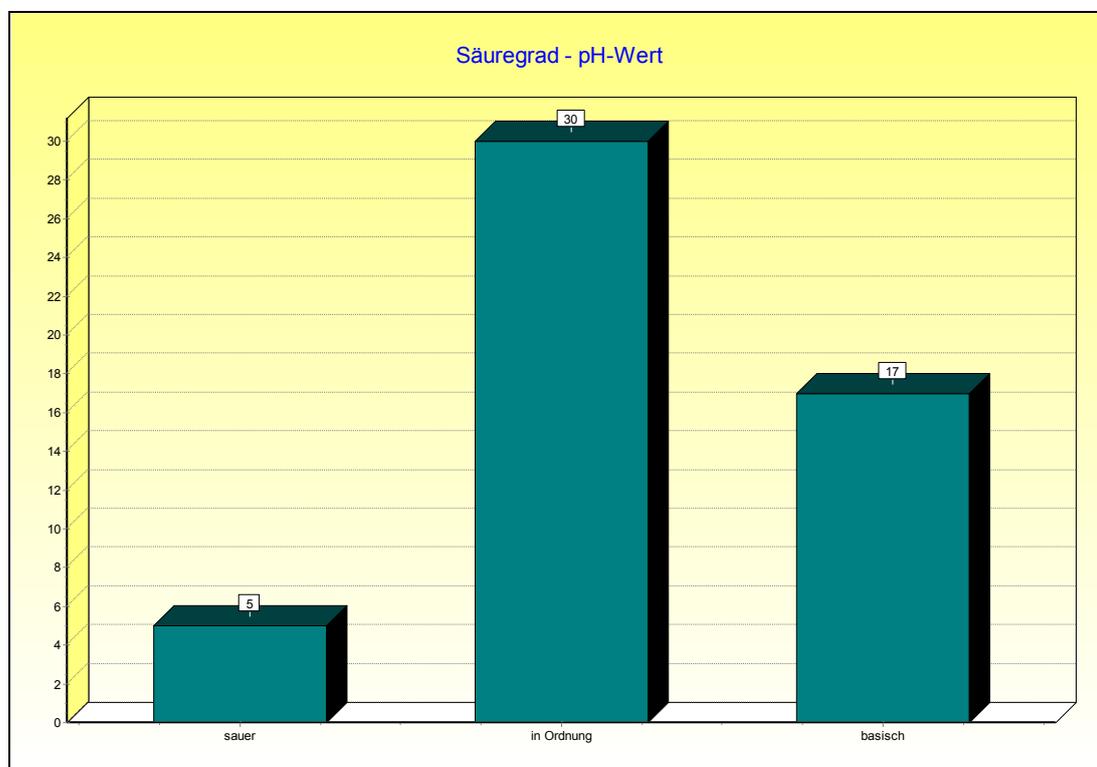
* „sauer“: Der anzustrebende Säuregrad ist nicht erreicht (Boden zu sauer).

„in Ordnung“: Der anzustrebende Säuregrad ist erreicht.

„basisch“: Der Säuregrad des Bodens ist sogar höher als der Sollwert.

➔ Der Prozentsatz der als „sauer“ eingestuften Böden im Bezirk Voitsberg ist verglichen mit der landesweiten Bodenzustandsinventur deutlich geringer.

An den zwei Hochalmflächen **VOX 13 + 23** und dem Waldstandort **VOI 11** ist der niedrige pH-Wert (**saure Böden**) als standortstypisch anzusehen und hauptsächlich auf den hohen Humusgehalt der Böden zurückzuführen. An den 2 Ackerstandorten **VOI 5** und **VOA 5** ist als bodenverbessernde Maßnahme eine Gesundungskalkung angebracht. Alle als sauer eingestuften Böden weisen keinen oder einen sehr geringen natürlichen Kalkgehalt auf.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des pH-Wertes

Kalk (CaCO₃):

Allgemeines:

Etwa 90 % der untersuchten steirischen Böden weisen einen Kalkgehalt von 0-0,5 % auf - sind also weitestgehend kalkfrei. Einige wenige Böden im Bereich der nördlichen Kalkalpen erreichen extrem hohe Gehalte über 30 % Kalk.

Da der Kalkgehalt der wesentlichste Einflussfaktor der Bodenacidität ist, ist ihm besondere Bedeutung beizumessen.

Verbunden mit dem naturgegeben niedrigen Kalkgehalt der steirischen Böden ergeben sich im Zusammenspiel mit anderen Faktoren (hoher Humusgehalt, leichter sandiger Boden, anhaltende saure Depositionen u. a.) an vielen Standorten zwangsläufig niedrige pH-Werte. Um dem zu entgegnen ist die Verhinderung von Umwelteinflüssen zwar ein wichtiges Ziel, sie ist aber letztlich nur eine Einflussgröße von vielen.

Für eine effiziente Bodenverbesserung ist es notwendig, dem Boden den fehlenden Kalk im Zuge der landwirtschaftlichen Bearbeitung zuzuführen. Bei Böden, deren pH-Wert zu niedrig ist, bedarf es einer **Gesundungskalkung**. Zur Aufrechterhaltung des optimalen pH-Bereiches müssen **Erhaltungskalkungen** durchgeführt werden.

Bewertungsklassen des Kalkgehaltes:

Kalkgehalt in %	Kalkgehalt
unter 1	gering
1 – 5	mittel
über 5	hoch

Die Bestimmung des Kalksgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1084 (Methode nach Scheibler).

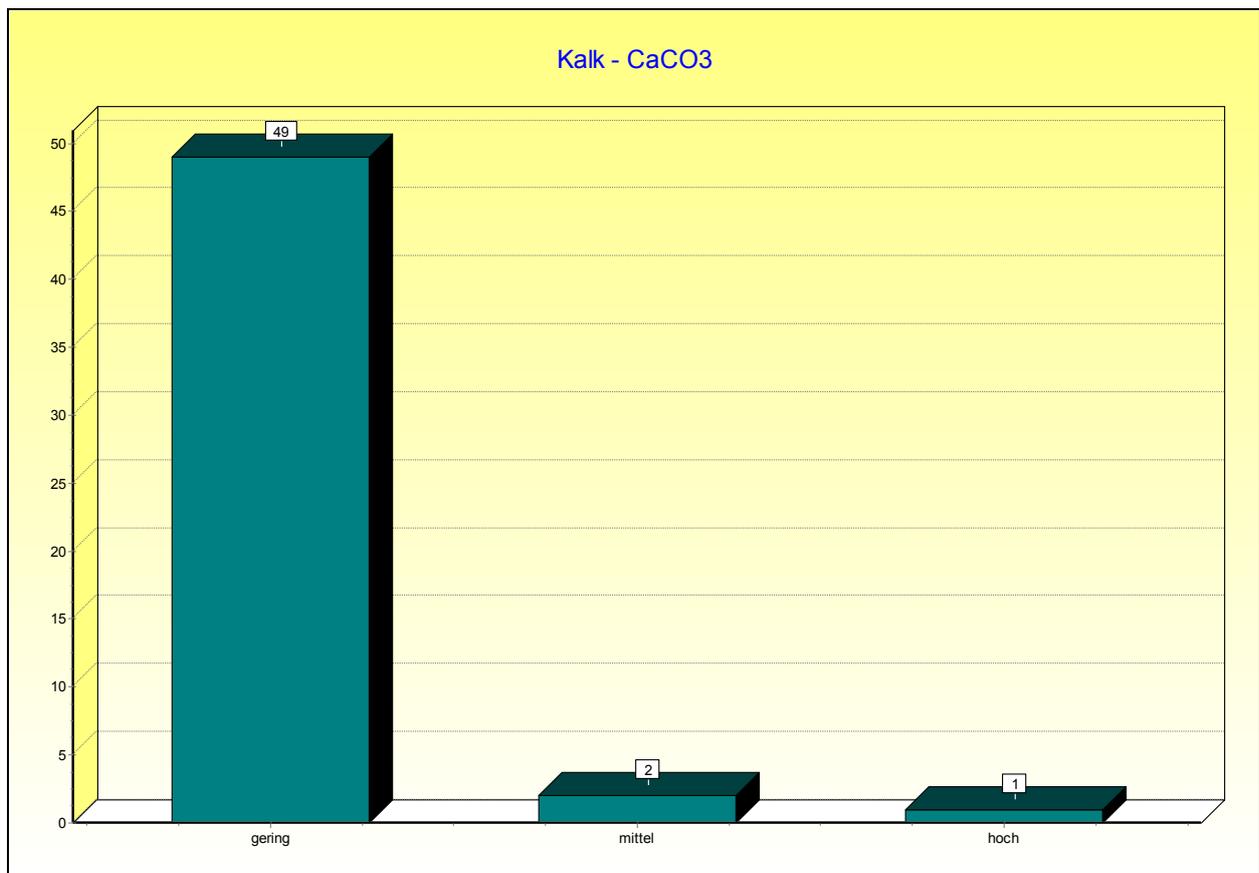
Untersuchungsergebnisse:

Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Kalkgehaltes** im Bezirk Voitsberg:

Kalkgehalt	Anzahl Standorte		
	„gering“	„mittel“	„hoch“
Grünland	33	2	1
Acker	13	-	-
Hochalm	2	-	-
Wald	1	-	-
Alle Standorte in VO in %	94 %	4 %	2 %
Steiermark in %	88 %	5 %	7 %

→ Obwohl die meisten der untersuchten Standorte im Bezirk Voitsberg im weitgehend kalkfreien Konzentrationsbereich unter 1 % Kalk liegen, findet man selten saure Böden. Offenbar sind schon minimale Kalkgehalte von 0,1 - 1 % (ca. die Hälfte der untersuchten Böden) in der Lage den pH-Wert des Bodens im akzeptablen Bereich zu halten.

24 von 52 untersuchten Standorten sind gänzlich kalkfrei, sodass besonders hier fallweise **Gesundungs- bzw. Erhaltungskalkungen** notwendig sind.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Kalkgehaltes

Phosphor / Phosphat (P₂O₅):

Allgemeines:

Der natürliche Gesamtgehalt der Böden an Phosphor beträgt laut Scheffer/Schachtschabel (1984) 0,02 - 0,08 % Phosphor, was umgerechnet etwa 46 - 183 mg P₂O₅ pro 100 g Boden entspricht. Der Großteil des Phosphors ist in mineralischen Phosphaten gebunden, weiters gibt es auch organische Phosphorverbindungen. Nur ein geringer Teil dieses Gesamtphosphors befindet sich in der Bodenlösung und steht somit den Pflanzen als Nährstoff zur Verfügung.

Bei der zur Düngeberatung angewandten Gehaltsbestimmung im Boden wird ein Extraktionsverfahren durchgeführt, welches den pflanzenverfügbaren Anteil des im Boden enthaltenen Phosphats annähernd ermitteln soll. Dieser Gehalt wird dann für die Bemessung von Düngegaben herangezogen.

Bei den bisherigen Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes wurde festgestellt, dass der pflanzenverfügbare Phosphatgehalt in der Steiermark von Natur aus sehr niedrig ist und nur selten auf Grund von Düngegaben sehr hohe Gehalte erreicht.

Überdüngungen mit Phosphor sind insofern problematisch, als über Bodenerosion und Versickerung eine Nährstoffbelastung der Oberflächengewässer erfolgt, welche zu übermäßigem Algenwachstum und letztlich zum "Kippen" der Gewässer führen kann.

Zur Unterstützung einer bedarfsgerechten Düngung werden zum Beispiel von der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft gemeinsam mit der FA 10B Aktionen zur Untersuchung der Böden und die Erstellung von Düngeplänen angeboten.

Gehaltsstufen des Nährstoffes Phosphor (in mg P₂O₅ /100g):

GEHALTSSTUFE	Ackerland, Wein- und Obstgärten, Feldgemüse	Grünland
sehr niedrig	unter 6	unter 6
niedrig	6 - 10	6 - 10
ausreichend	11 - 25	11 - 15
hoch	26 - 40	16 - 40
sehr hoch	über 40	über 40

Die Bestimmung des Phosphatgehaltes erfolgt in Böden mit einem pH-Wert unter 6 nach ÖNORM L1088 (DL-Methode), bei höheren pH-Werten (≥ 6) nach ÖNORM L1087 (CAL-Methode).

Untersuchungsergebnisse:

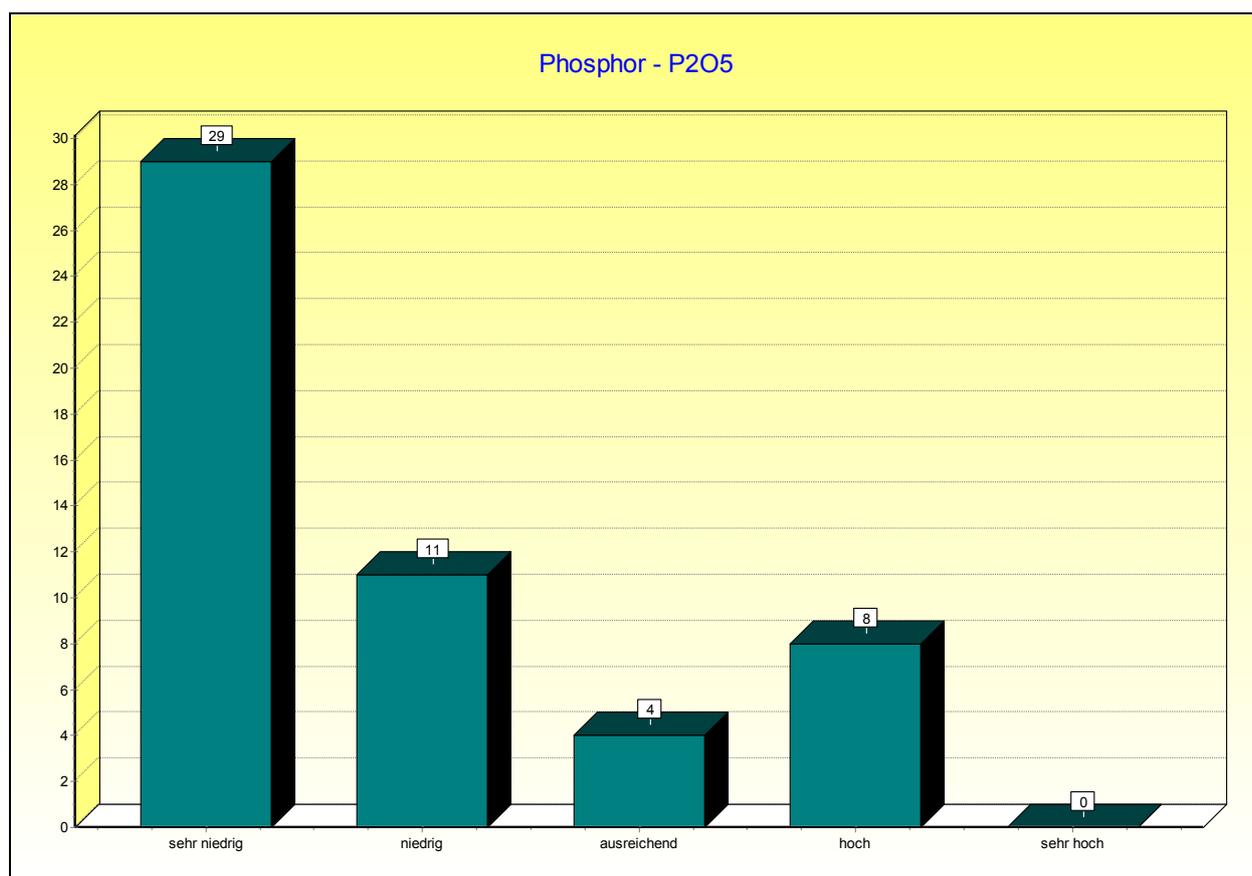
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Phosphorgehaltes** im Bezirk Voitsberg:

Anzahl Standorte

Phosphorgehalt	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	22	7	-	7	-
Acker	5	3	4	1	-
Hochalm	2	-	-	-	-
Wald	-	1	-	-	-
Alle Standorte in VO in %	56 %	21 %	8 %	15 %	0 %
Steiermark in %	47 %	22 %	18 %	11 %	2 %

➔ Die Phosphorversorgung der Böden im Bezirk Voitsberg entspricht weitestgehend dem landesweiten Verteilungsmuster.

Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit **Phosphormangel** (etwa 70 % der untersuchten Standorte) ist eine Düngung entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung sinnvoll.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Phosphorgehaltes

Kalium (K₂O):

Allgemeines:

Laut Scheffer/Schachtschabel (1984) weist Kalium von allen Nährstoffen in der Regel den höchsten Gehalt in den Pflanzen auf und ist es auch in Gesteinen häufig zu einem hohen Anteil vertreten. Der Gehalt der Böden an Gesamtkalium liegt meist zwischen 0,2 und 3,3 % Kalium, was umgerechnet etwa 240 - 4000 mg K₂O /100 g Boden entspricht. Der pflanzenverfügbare Anteil davon ist viel geringer.

Bei der zur Düngeberatung angewandten Gehaltsbestimmung im Boden wird wie beim Phosphor ein Extraktionsverfahren durchgeführt, welches den pflanzenverfügbaren Anteil des im Boden enthaltenen Kaliums annähernd ermitteln soll. Dieser Gehalt wird dann für die Bemessung von Düngegaben herangezogen. Die Untersuchung der landwirtschaftlich genutzten Böden mit der Erstellung von Düngeplänen erfolgt zum Beispiel im Zuge von Aktionen der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft und der FA 10B.

Bei den bisherigen Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes wurde festgestellt, dass der pflanzenverfügbare Kaliumgehalt steirischer Böden vor allem in Sonderkulturen häufig zu hohe Werte aufweist. Aber auch bei Acker- und Grünlandflächen kommt es in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten der Steiermark häufiger als beim Phosphor zu Überdüngungen. An derartigen Standorten ist bis zur Normalisierung der Bodengehalte von weiteren Düngegaben abzusehen.

Gehaltsstufen des Nährstoffes Kalium (in mg/100g):

	Ackerland, Wein- und Obstgärten, Feldgemüse			
Gehaltsstufe	Ton unter 15 %	Ton 15 - 25 %	Ton über 25 %	Dauer- grünland
sehr niedrig	unter 6	unter 8	unter 10	unter 6
niedrig	6 - 10	8 - 13	10 - 16	6 - 10
ausreichend	11 - 21	14 - 25	17 - 29	11 - 20
hoch	22 - 35	26 - 40	30 - 45	21 - 40
sehr hoch	über 35	über 40	über 45	über 40

Die Bestimmung des Kaliumgehaltes erfolgt in Böden mit einem pH-Wert unter 6 nach ÖNORM L1088 (DL-Methode), bei höheren pH-Werten (≥ 6) nach ÖNORM L1087 (CAL-Methode).

Untersuchungsergebnisse:

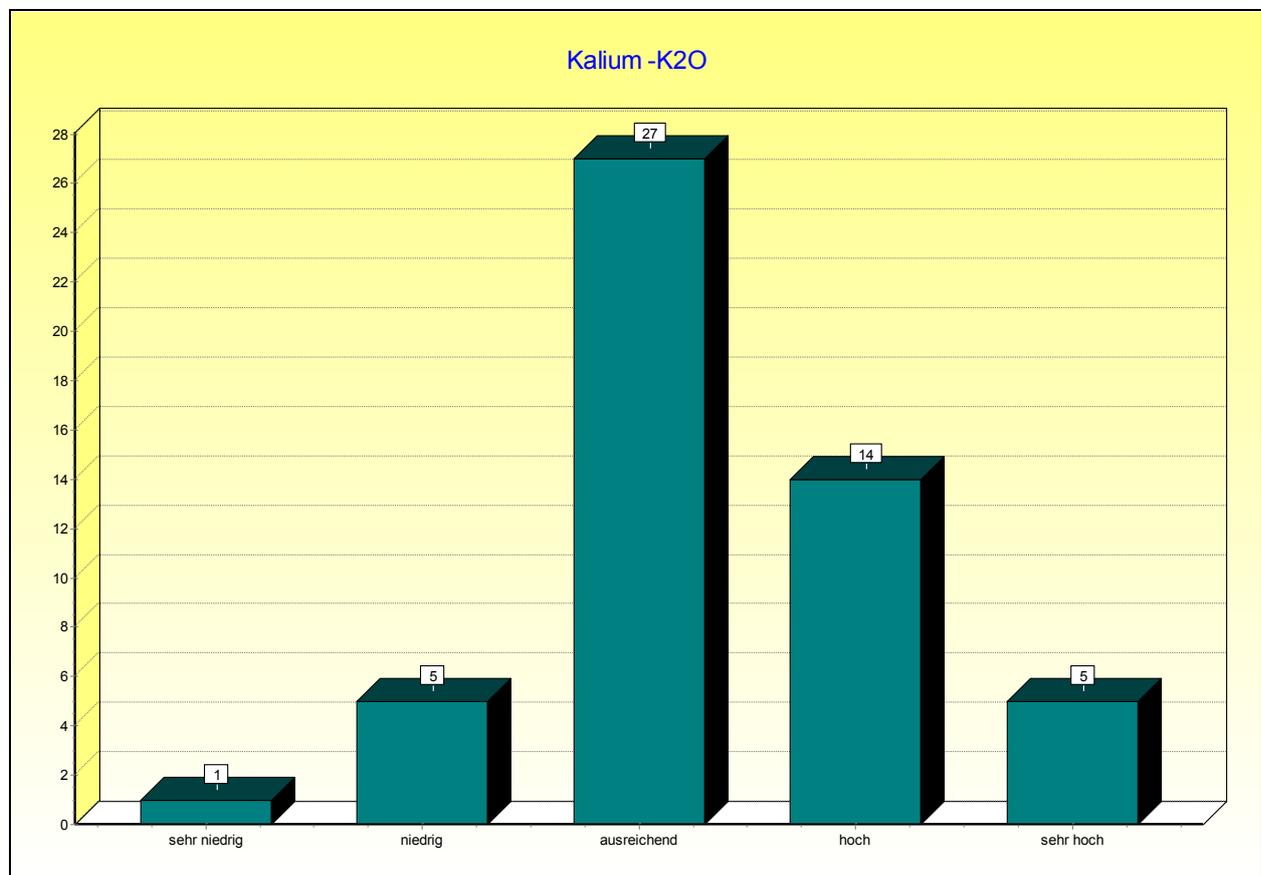
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Kaliumgehaltes** im Bezirk Voitsberg:

Kaliumgehalt	Anzahl Standorte				
	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	-	4	18	11	3
Acker	1	1	6	3	2
Hochalm	-	-	2	-	-
Wald	-	-	1	-	-
Alle Standorte in VO in %	2 %	9,5 %	52 %	27 %	9,5 %
Steiermark in %	3 %	18 %	47 %	23 %	9 %

→ Die Kaliversorgung der Böden im Bezirk Voitsberg entspricht in etwa dem landesweiten Verteilungsmuster. Nur drei Grünlandstandorte (**VOB 2**, **VFF 7** und **VOX 2**) und die Äcker **VOI 6** und **VOX 4** liegen bei der Kaliumversorgung in der Gehaltsklasse "sehr hoch".

Der Großteil der Standorte ist ausreichend mit dem Nährstoff versorgt. Kaliummangel ist - wie generell in der Steiermark - eher selten.

Um Fehler in der Nährstoffversorgung zu vermeiden, wird empfohlen Düngungsmaßnahmen nur entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung und laut Düngeplan (z. B. der Düngeberatungsstelle der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft) durchzuführen.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Kaliumgehaltes

Magnesium (Mg):

Allgemeines:

Laut Scheffer/Schachtschabel (1984) liegt der Gesamtgehalt an Magnesium in MgCO_3 -freien Böden im Bereich von 0,05 - 0,5 %, was umgerechnet etwa 50 - 500 mg Mg /100 g Boden entspricht. Für die Magnesiumversorgung der Pflanzen ist vor allem das austauschbare Magnesium von Bedeutung, da dieses mit der Bodenlösung in einem sich schnell einstellenden Gleichgewicht steht.

Für Routineuntersuchungen zur Erfassung des mehr oder weniger hohen Anteils an austauschbarem Magnesium wird üblicherweise das Extraktionsverfahren nach Schachtschabel angewandt. Als Extraktionslösung wird eine CaCl_2 -Lösung verwendet. Bei der Bestimmung der austauschbaren Kationen (Ca, Mg, K, Na) im Zuge der Abschätzung der Kationenaustauschkapazität wird als Extraktionslösung eine BaCl_2 -Lösung verwendet.

Es besteht eine enge Beziehung zwischen den Magnesiumgehalten aus den beiden Extraktionsverfahren. Dabei beträgt der nach Schachtschabel ermittelte Magnesiumgehalt im Mittel 65 % des BaCl_2 -Extraktes und wird üblicherweise als "pflanzenverfügbarer" Anteil definiert.

Eine hohe Kaliumkonzentration in der Bodenlösung hat auf die Pflanzen-Aufnehmbarkeit von Magnesium einen negativen Einfluss (Ionenkonkurrenz).

Die bisherigen Untersuchungen in der Steiermark zeigen dass über drei Viertel der Böden hohe bzw. sehr hohe Magnesiumgehalte aufweisen. Ob die Werte rein geologisch bedingt sind, oder fallweise auch aus Düngegaben (magnesiumhaltige Düngekalke, Patentkali) resultieren, ist unbekannt.

Generell kann gesagt werden, dass eine gezielte Magnesiumdüngung nur in Ausnahmefällen wirklich sinnvoll ist. An ackerbaulich genutzten Standorten mit niedrigem pH-Wert, wo auch die prozentuellen Gehalte der austauschbaren Kationen Magnesium und Kalium auf einen Magnesiummangel schließen lassen, wäre die Verwendung eines magnesiumhaltigen Düngekalkes möglich.

Gehaltsstufen des Nährstoffes Magnesium (in mg/100g):

Gehaltsstufe	Ton unter 15 %	Ton 15 - 25 %	Ton über 25 %
sehr niedrig	-	unter 3	unter 4
niedrig	unter 5	3 - 5	4 - 7
ausreichend	5 - 7	6 - 10	8 - 13
hoch	8 - 15	11 - 19	14 - 22
sehr hoch	über 15	über 19	über 22

Die Bestimmung des Magnesiumgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1093 (Methode nach Schachtschabel).

Untersuchungsergebnisse:

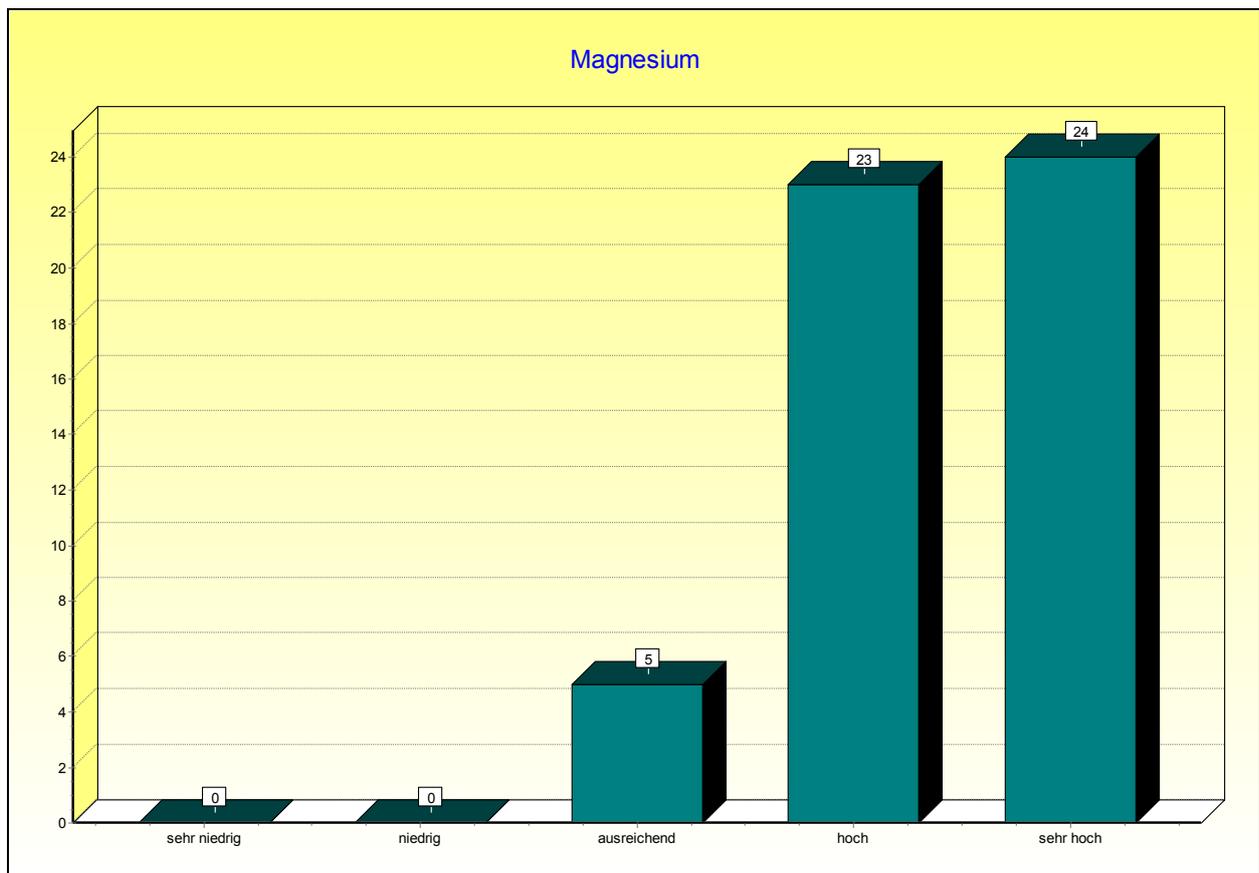
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Magnesiumgehaltes** im Bezirk Voitsberg:

Anzahl Standorte

Magnesiumgehalt	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	-	-	2	17	17
Acker	-	-	1	5	7
Hochalm	-	-	1	1	-
Wald	-	-	1	-	-
Alle Standorte in VO in %	0 %	0 %	10 %	44 %	46 %
Steiermark in %	0 %	3 %	14 %	36 %	47 %

➔ Vergleichbar mit den landesweiten Erhebungen liegt der Großteil der im Bezirk Voitsberg untersuchten Standorte in den beiden höchsten Gehaltsklassen der Magnesiumversorgung.

Negative Auswirkungen einer Magnesium-Übersorgung der Böden sind nicht bekannt. Die Fachliteratur nennt nur Mangelercheinungen bei Pflanzen, insbesondere im Obstbau. Magnesiummangel ist am ehesten auf Grund von Auswaschung auf sorptionschwachen (sandigen) Böden möglich.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Magnesiumgehaltes

Bor (B):

Allgemeines:

Das Nichtmetall Bor ist ein für die Pflanzenernährung essentieller Mikronährstoff. Besondere Bedeutung hat seine Bestimmung im Boden bei Sonderkulturen und Rüben, da sich hier Mangelercheinungen am ehesten negativ bemerkbar machen.

Laut Scheffer/Schachtschabel (1984) tritt **Bormangel** vor allem in trockenen und warmen Jahren auf Sandböden sowie auf trockenen Standorten tonreicher Böden auf. Dort bewirkt er zum Beispiel bei Zuckerrüben die Herz- und Trockenfäule, bei Äpfeln die Korkbildung und bei anderen Kulturen ein Absterben der jüngsten Blätter. Stark Bor - bedürftige Pflanzen sind Mais, Wein, Blumenkohl, Sellerie, Kohlrabi und andere.

Bor-Toxizität wird im humiden Klimabereich nur sehr selten beobachtet und beruht dann auf einem zu hohen Borgehalt in der Bodenlösung infolge zu hoher Bor-Düngung. Im ariden Klimabereich führt häufig die Anwendung von Beregnungswasser mit hoher Borkonzentration zu Ertragsdepressionen. Auch durch die Aufbringung von Klärschlamm (enthält oft hohe Konzentrationen an Boraten aus den Haushaltsabwässern) können im Boden hohe Gehalte an Bor angereichert werden. Ein Borüberschuss ist an Nekroseflecken auf den Blättern von Bor - empfindlichen Pflanzen, wie Kartoffeln, Bohnen und Getreide zu erkennen.

Zur Bestimmung der Bor-Verfügbarkeit haben sich die Extraktion des Bodens mit siedendem Wasser oder die Acetatextraktion nach Baron, welche neben dem löslichen und den Pflanzen direkt zur Verfügung stehenden Anteil auch das etwas stärker gebundene Bor erfasst, bewährt.

Gehaltsstufen des Spurenelementes Bor (in mg/kg):

Gehaltsstufe Bor	Ton unter 15 %	Ton über 15 %
niedrig	< 0.2	< 0.3
mittel	um 0.6	um 0.8
hoch	> 2.0	> 2.5

Die Bestimmung des Borgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1090 (Acetatextraktion nach Baron).

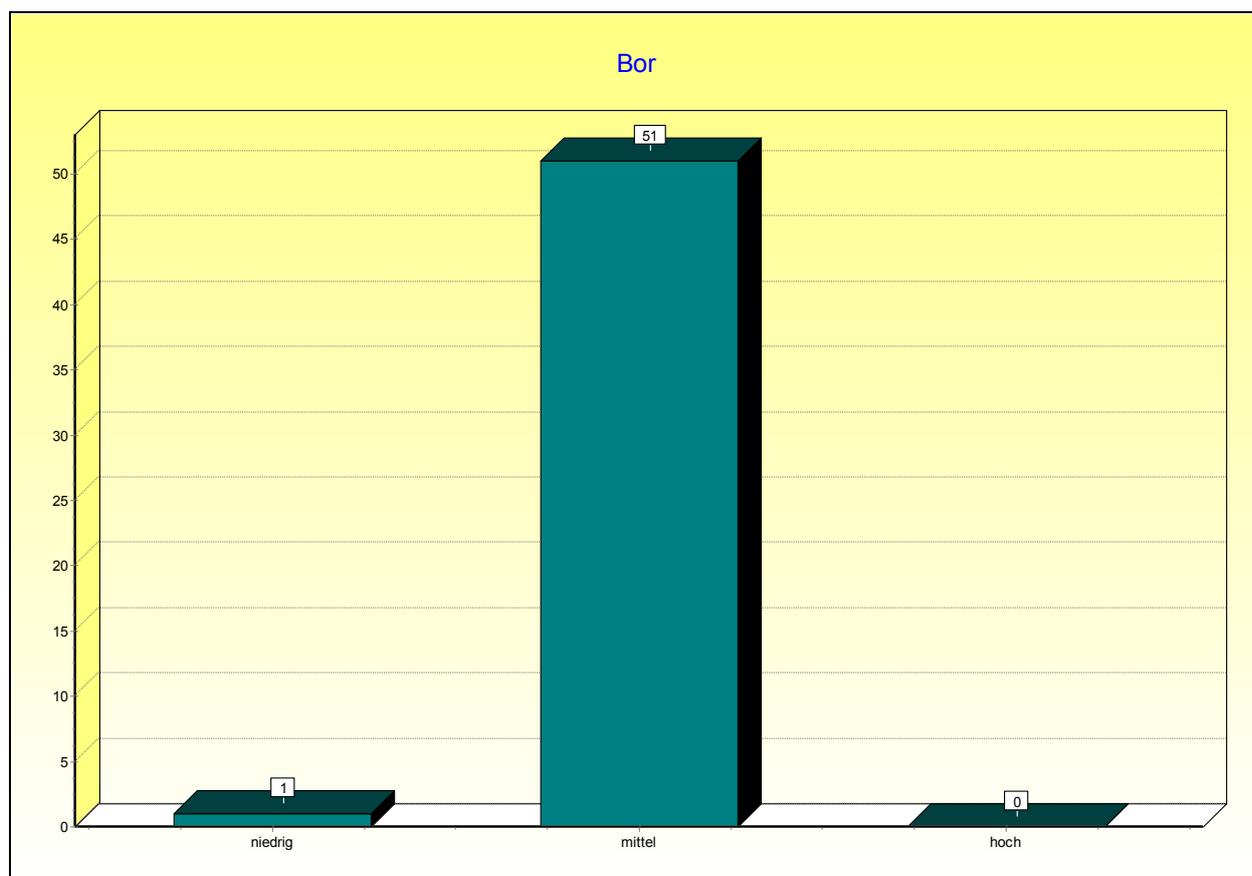
Untersuchungsergebnisse:

Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Borgehaltes** im Bezirk Voitsberg:

Borgehalt	Anzahl Standorte		
	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	1	35	-
Acker	-	13	-
Hochalm	-	2	-
Wald	-	1	-
Alle Standorte in VO in %	2 %	98 %	0 %
Steiermark in %	22 %	76 %	2 %

➔ Nur der Grünlandstandort **VOX 21** liegt in der niedrigen Versorgungsklasse des Nährstoffes Bor. Alle übrigen untersuchten Standorte weisen eine mittlere, also ausreichende, Nährstoffversorgung auf.

Bormangel ist im Grünland nicht relevant, Düngemaßnahmen sind nur im Wein- und Obstbau, sowie im Falle einer Kultivierung von borbedürftigen Pflanzen im Ackerbau in Erwägung zu ziehen.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Borgehaltes

Die EDTA-extrahierbaren Spurenelemente Kupfer, Zink, Mangan und Eisen:

Allgemeines:

Die Gehaltsbestimmung aus dem EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure) - Extrakt wird dazu verwendet, um die Versorgung des Bodens mit metallischen Spurenelementen abzuschätzen. Sie erfasst die für Pflanzen leicht verfügbare Schwermetallfraktion der komplexgebundenen und an der Oberfläche der Bodenpartikel angelagerten Bindungsformen der Elemente.

Man versucht so aus den Ergebnissen der EDTA-Extraktion Unterversorgungen mit den untersuchten Spurenelementen festzustellen und für Kupfer oder Zink auch Intoxikationen durch zu hohe Gehalte abzuleiten.

Eine hohe Konzentration an Phosphat in der Bodenlösung kann die Aufnahme der Spurenelemente in die Pflanzen vermindern.

Laut Scheffer/Schachtschabel (1984) tritt **Manganmangel** nur sehr selten auf.

Eine **Unterversorgung mit Eisen** ist trotz häufig hoher Gehalte der Böden an Eisenoxiden weltweit sehr verbreitet und tritt vor allem in stark kalkhaltigen Böden auf. Die Bestimmung der Eisenverfügbarkeit durch eine Bodenuntersuchung führt nicht zu befriedigenden Ergebnissen.

Kupfermangel tritt besonders bei Podsol - Sandböden und frisch kultivierten Moorböden auf, sonst selten. Eine **hohe Kupferkonzentration** in der Bodenlösung hemmt die Aufnahme von Zink und Molybdän durch die Pflanzen und kann auf Mikroorganismen toxisch wirken.

Zinkmangel ist weltweit verbreitet und tritt besonders in karbonatreichen Böden mit hohem pH-Wert und viel organischer Substanz auf. Bei sehr hohen Gehalten in Böden wirkt **Zink toxisch** auf Pflanzen und Mikroorganismen.

Gehaltsstufen der Spurenelemente Cu, Zn, Mn und Fe (in mg/kg) im EDTA-Extrakt:

Gehaltsstufe	Kupfer (EDTA-Cu)	Zink (EDTA-Zn)	Mangan (EDTA-Mn)	Eisen (EDTA-Fe)
niedrig	< 2	< 2	< 20	< 20
mittel	um 8	um 8	um 70	um 100
hoch	> 20	> 20	> 200	> 300

Die Bestimmung erfolgt nach ÖNORM L1089 (EDTA-Extraktion).

Untersuchungsergebnisse:

Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen der **EDTA - extrahierbaren Spurenelemente Cu, Zn, Mn und Fe** im Bezirk Voitsberg:

Anzahl Standorte

EDTA-Cu	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	36	-
Acker	-	13	-
Hochalm	-	2	-
Wald	-	1	-
Alle Standorte in VO in %	0 %	100 %	0 %
Steiermark in %	3 %	94 %	3 %

Anzahl Standorte

EDTA-Zn	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	36	-
Acker	-	13	-
Hochalm	-	2	-
Wald	-	1	-
Alle Standorte in VO in %	0 %	100 %	0 %
Steiermark in %	1 %	87 %	12 %

Anzahl Standorte

EDTA-Mn	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	4	32
Acker	-	3	10
Hochalm	1	1	-
Wald	1	-	-
Alle Standorte in VO in %	4 %	15 %	81 %
Steiermark in %	3 %	21 %	76 %

Anzahl Standorte

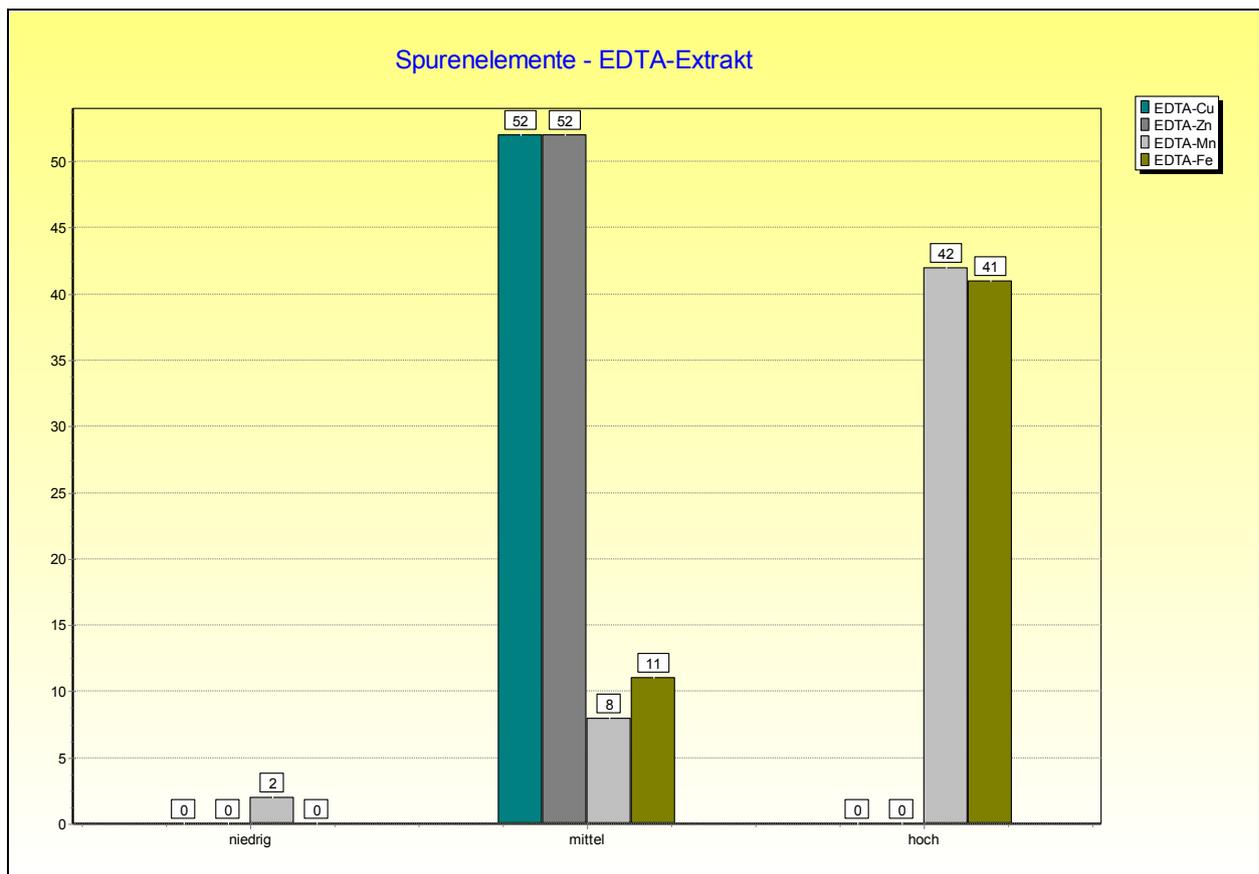
EDTA-Fe	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	6	30
Acker	-	5	8
Hochalm	-	-	2
Wald	-	-	1
Alle Standorte in VO in %	0 %	21 %	79 %
Steiermark in %	0 %	13 %	87 %

→ Die Spurenelementgehalte der im Bezirk Voitsberg untersuchten Standorte stimmen gut mit den Ergebnissen der landesweiten Bodenzustandsinventur überein.

Beim EDTA-extrahierbarem **Kupfer** und **Zink** liegen alle untersuchten Standorte im mittleren Gehaltsbereich.

Die Gehalte der beiden Spurenelemente **Mangan** und **Eisen** liegen - wie in der ganzen Steiermark - meist im mittleren und hohen Versorgungsbereich. Probleme durch eine Überversorgung mit diesen beiden Spurennährstoffen sind nicht bekannt.

Der niedrige Mangangehalt am Hochalmstandort **VOX 23** und im Wald **VOI 11** ist eine Folge des niedrigen pH-Wertes und durchaus standortsüblich.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen der Spurenelementgehalte

Die austauschbaren Kationen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium:

Allgemeines:

Eine wichtige Eigenschaft des Bodens ist es Kationen so binden zu können, dass sie weitgehend vor der Auswaschung geschützt, aber trotzdem pflanzenverfügbar sind. Diese Fähigkeit wird Kationenaustausch genannt und gewährleistet die Mineralversorgung der Pflanzen.

Die Summe der austauschbaren Kationen wird **Kationenaustauschkapazität (KAK)** genannt und inkludiert folgende Ionen: Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Al^{+++} , Fe^{++} , Mn^{++} und H^+ . Die Höhe der KAK wird hauptsächlich vom Humus- und Tongehalt, sowie dem pH-Wert des Bodens beeinflusst.

Den mengenmäßig größten Anteil an der KAK hat normalerweise das Ca^{++} -Ion. In Böden mit annähernd neutralem pH-Wert findet man fast ausschließlich die Kationen Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ und Na^+ . Ihre Summe bezeichnet man als **austauschbare Basen** (früher S-Wert).

Als Einheit zur Mengenangabe verwendet man üblicherweise *mmol-Ionenäquivalent* oder *mval*, bzw. *mg* pro 100 oder neuerdings auch 1000 g Boden. Der prozentuelle Anteil der austauschbaren Basen an der KAK wird **Basensättigung** (früher V-Wert) bezeichnet.

Bei niedrigen pH-Werten (etwa $< 6,5$) steigt definitionsgemäß der Anteil an H^+ -Ionen und auch jener von Al^{+++} , Fe^{++} und Mn^{++} . Der Anteil an Fe^{++} - und Mn^{++} -Ionen ist nur bei extrem sauren Böden nennenswert und bleibt daher analytisch meist unberücksichtigt. Die Ermittlung der KAK kann daher aus der Einzelbestimmung der Ionen Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ und Al^{+++} unter Berücksichtigung des pH-Wertes (Anteil H^+) erfolgen, oder durch eine Summenbestimmung über den sogenannten Barium-Rücktausch.

Um ein ausgeglichenes Nährstoffangebot und eine günstige Bodenstruktur zu erzielen, sollte der Sorptionskomplex des Bodens etwa folgendermaßen belegt sein (die Angaben beziehen sich auf den Kationenanteil in mval bezogen auf die KAK):

60 - 90 %	Kalzium (Ca)
5 - 15 %	Magnesium (Mg)
2 - 5 %	Kalium (K)
0 - 1 %	Natrium (Na)

Starke Abweichungen von diesen Werten können zu einer Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit führen.

Kalziumwerte unter 50 % sind häufig die Ursache für eine schlechte Bodenstruktur. Steigt der Natriumwert auf über 5 %, kann es zu einem „Zerfließen“ des Bodens kommen. Magnesiumwerte von weniger als 10 % sind in Verbindung mit hohen Kaliwerten ein Hinweis auf einen möglichen Magnesiummangel.

Da der Ca-Gehalt im Obst großen Einfluss auf die Lagerfähigkeit hat, wird in Böden von Obstanlagen auch der absolute Gehalt an austauschbarem Kalzium bewertet. Für Äpfel und Birnen ist ein Richtwert von mehr als 300 mg Ca / 100g Boden erstrebenswert, für andere Obstarten ein Wert von mehr als 250 mg Ca / 100g Boden.

Die Bestimmung der austauschbaren Kationen erfolgt nach ÖNORM L1086.

Untersuchungsergebnisse:

Da bei den Proben des Bodenschutzprogrammes laut Gesetzesvorgabe nur die Bestimmung der austauschbaren Kationen Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ und Na^+ erfolgt, können korrekterweise nur Böden mit annähernd neutralem pH-Wert beurteilt werden.

Um aber trotzdem alle Böden zumindest annähernd bewerten zu können, wird versucht rechnerisch die Basensättigung über den pH-Wert abzuschätzen. Als Grundlage dafür wird die bei der oberösterreichischen Bodenzustandsinventur in Ackerböden ermittelte lineare Beziehung

$$\text{Basensättigung (\%)} = 21,4 \times \text{pH-Wert} - 52,6 \quad \text{verwendet.}$$

Die so errechneten Werte der Basensättigung in % sind bei der verbalen Beurteilung der Standorte im Internet (www.bodenschutz.steiermark.at) über die Kartenabfrage mittels Hotlink-Werkzeug zugänglich.

Der Hinweis auf eine mögliche schlechte **Bodenstruktur** nur auf Grund eines **Kalziumwertes** unter 50 % ist mit Skepsis zu betrachten, da zur genaueren Beurteilung auch der Salzgehalt der Bodenlösung betrachtet werden muss. Im Bezirk Voitsberg weisen 38 % der untersuchten Standorte Kalziumwerte unter 50 % auf. Die korrekte Beschreibung ihrer Bodenstruktur ist der bodenkundlichen Profilbeschreibung im Internet zu entnehmen.

Laut Scheffer/Schachtschabel (1984) ist die Bodenstruktur auch jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Dabei ist die Gefügestabilität im Spätsommer und Herbst meist relativ hoch, da hier durch die Austrocknung während des Sommers die Stabilisierung der Aggregate nachwirkt und durch die Vegetationsrückstände die biologische Aktivität gefördert wird. Generell betrachtet ist die optimale Bodenstruktur nicht nur vom Pflanzenbewuchs, sondern auch vom Klima abhängig. Bei großem Wasserüberschuss müssen das Volumen der Grobporen und die Aggregatstabilität tonreicher Böden höher sein. Unter trockenen Bedingungen ist dagegen ein hohes Volumen an Mittelporen zur Speicherung eines hohen Anteils an pflanzenverfügbarem Wasser wichtiger. Im Durchschnitt der Jahre werden daher nicht bei extrem hoher, sondern bei mittlerer Aggregatstabilität die höchsten Erträge erzielt.

Beim **Natrium** konnten keine Werte über 5 % („Zerfließen“ des Bodens) gefunden werden.

Beim Zusammenspiel der **Magnesium- und Kaliumwerte** konnte kein Hinweis auf einen möglichen Magnesiummangel (Magnesiumwerte unter 10 % und gleichzeitig Kaliumwerte über 5 %) gefunden werden.

Um auch eine **Klassifizierung der Absolutgehalte** der austauschbaren Kationen durchführen zu können, wurden die Gehalte des austauschbaren Ca, Mg, K und Na in mval/100g umgerechnet und aufsummiert.

Summe Ca, Mg, K und Na	< 10	mval/100 g:	Gehalt niedrig
Summe Ca, Mg, K und Na	10 - 25	mval/100 g:	Gehalt mittel
Summe Ca, Mg, K und Na	> 25	mval/100 g:	Gehalt hoch

Berechnung: AKat-Summe (mval/100g) = 0,0499 x CaKat (mg/100g) + 0,0823 x MgKat (mg/100g) + 0,0256 x KKat (mg/100g) + 0,0435 x NaKat (mg/100g)

Die Verteilung der **Summe aus Ca, Mg, K und Na (AKat-Summe)** in den drei Gehaltsklassen im Bezirk Voitsberg lautet:

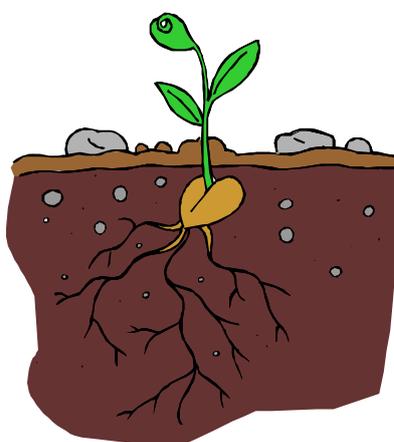
Gehaltsklasse AKat	Anzahl der Standorte		
	< 10 mval/100 g	10 - 25 mval/100 g	> 25 mval/100 g
Grünland	7	25	4
Acker	1	12	-
Hochalm	2	-	-
Wald	1	-	-
Alle Standorte in VO in %	21 %	71 %	8 %
Steiermark in %	22 %	63 %	15 %

Die Nährstoffbilanzierung im Bezirk Voitsberg ist mit der landesweiten Bodenzustandsinventur tendenziell vergleichbar. An den landwirtschaftlich genutzten Standorten sollte jedoch versucht werden Probleme in der Nährstoffbilanzierung durch eine Anhebung des pH-Wertes (Kalkung) zu verbessern.

Landwirtschaftlich genutzte Standorte mit einer Kationensumme unter 10 mval/100g:

Ackerstandort **VOI 8**

Grünlandstandorte **VOB 3 + 4** und **VOX 8, 9, 11, 21 + 24**.



Das wasserextrahierbare Fluor (F):

Allgemeines:

Der Fluorgehalt von Futterpflanzen ist einerseits wichtig für den Aufbau von Knochen und Zähnen der Tiere, andererseits gilt ein Fluorgesamtgehalt von mehr als 30 mg/kg in der Trockensubstanz von Weidegräsern bereits als bedenklich für die Gesundheit der Tiere (Fluorose). Der normale Pflanzengesamtgehalt an Fluor liegt meist unter 10 mg/kg in der Trockensubstanz.

Der Fluorgehalt von Pflanzen steht in keiner Beziehung zum Fluorgesamtgehalt des Bodens, sodass eine Abschätzung der Pflanzenverfügbarkeit des Fluor nur über den wasserextrahierbaren Fluoranteil des Bodens durchgeführt werden kann. Für dieses wasserextrahierbare Fluor bestehen auch gute Korrelationen zur Entfernung von potentiellen Emittenten (z. B.: Zementfabriken, Ziegeleien, Aluminiumindustrie, Müllverbrennung, Eisenverhüttung).

Laut Scheffer/Schachtschabel (1984) kann der jährliche Fluoreintrag in Form von Fluorwasserstoff, Fluoriden oder an Staubpartikel gebundenem Fluor in der Nähe von Industriebetrieben bis 20 kg Fluor / ha betragen.

Mit der Ausbringung von Phosphatdüngern, deren Fluorgehalt meist 1,5 - 4 % beträgt (Thomasphosphat < 0,15 %), gelangen bei einer Düngung von 500 kg/ha 7,5 - 20 kg Fluor / ha auf den Boden.

Im Boden wird eingetragenes Fluor normalerweise relativ rasch in Form unlöslicher Verbindungen fixiert. Ausnahmen bilden kalkhaltige Böden, in denen Fluoride eine längere Zeit in mobiler und pflanzenverfügbarer Form erhalten bleiben als in sauren Böden.

Die Bindungskapazität für Fluoride ist bei sandigen Böden niedrig und bei tonigen hoch, sodass sich in leichten Böden das wasserlösliche Fluor oft deutlich nach unten verlagert.

Derzeit existieren kein offizieller Richtwert und auch keine standardisierte Untersuchungsmethode für die Bestimmung des wasserlöslichen Fluor in Böden, sodass zur Beurteilung der Untersuchungsergebnisse des Bodenschutzprogrammes ein aus den landesweiten Rasteruntersuchungen errechneter Normalgehalt für Fluor von maximal 1,2 mg/kg im Boden herangezogen wird. Bodengehalte von mehr als 1,2 mg/kg weisen auf Einträge aus Düngemitteln und/oder Industrieemissionen hin. Schädigungen an Pflanzen sind derzeit in der Steiermark auch bei Standorten mit sehr hohem Anteil an wasserlöslichem Fluor nicht bekannt.

Die Bestimmung des wasserlöslichen Fluor im Boden erfolgt nach einer Hausmethode (Wasser-Extraktion und Messung mit ionenselektiver Elektrode).

Untersuchungsergebnisse:

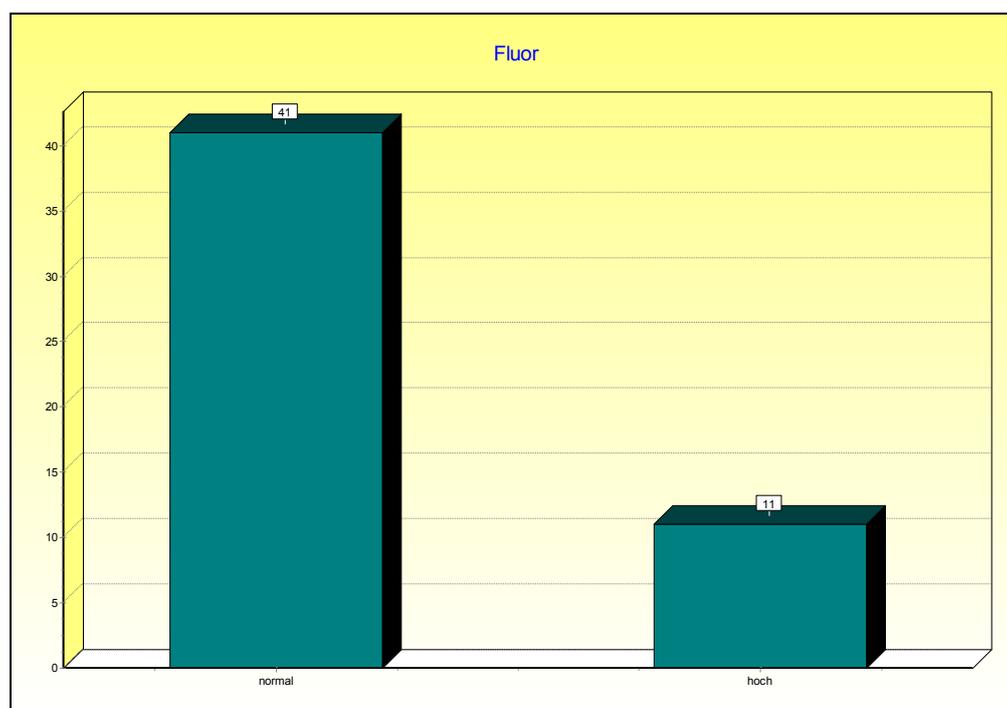
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Fluorgehaltes** im Bezirk Voitsberg:

Anzahl Standorte		
Fluor (wasserlöslich)	„normal“	„über 1,2 ppm“
Grünland	33	3
Acker	6	7
Hochalm	2	-
Wald	-	1
Alle Standorte in VO in %	79 %	21 %
Steiermark in %	80 %	20 %

➔ Die Fluorgehalte der Voitsberger Böden stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur sehr gut überein.

Erhöhte Fluorgehalte finden wir an den drei Grünlandstandorten **VOI 4**, **VOB 3** und **VOX 2**, an den Ackerstandorten **VOI 2, 3, 5, 6, 9 + 10** und **VOA 6**, sowie im Waldboden des Standortes **VOI 11**.

Die erhöhten Fluorwerte korrelieren mit überdüngten Böden aber nur teilweise, sodass angenommen werden muss, dass nur manche Düngemittel hohe Fluorgehalte als Verunreinigung beinhalten. In einer stichprobenartigen Testserie im Jahr 2000 konnten in den Düngemitteln „Blaukorn“ und „TC Superphosphat“ rund 600 mg/kg wasserlösliches Fluor nachgewiesen werden. Wo ein Eintrag über Düngemittel ausgeschlossen werden kann, sind industrielle Immissionen die wahrscheinlichste Erklärung zur Herkunft der erhöhten Gehalte an wasserlöslichem Fluor im Boden.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Fluorgehaltes

Schwermetalle:

Allgemeines:

Der Bestimmung dieser Elementgruppe ist besondere Bedeutung beizumessen, da hier die Möglichkeit einer **Gefährdung** von Menschen, Tieren und Pflanzen besteht.

Schwermetalle sind einerseits allgegenwärtige, naturgegebene Elemente, welche sowohl nützliche als auch schädigende Eigenschaften besitzen - andererseits findet spätestens seit Beginn der industriellen Revolution auch eine Verbreitung durch den Menschen in seine Umwelt statt. Diesen fallweise hoch toxischen Schadstoffen - ihre schädigenden Wirkungen reichen von Ertragseinbusen bis zum Auslösen von Krebserkrankungen - ist höchstes Augenmerk zu widmen. Erkannten Belastungen muss durch entsprechende Maßnahmen entgegnet werden.

Der Knackpunkt dabei ist die Abschätzung des jeweiligen Gefährdungspotentials.

Dies ist durch einen alleinigen Vergleich mit Bodenrichtwerten unmöglich!

Der aus dem Königswasserextrakt bestimmte Schwermetallgehalt repräsentiert nahezu den Gesamtanteil der Elemente im Boden und ist viel größer als der für eine Gefährdungsabschätzung maßgebliche pflanzenverfügbare Anteil. Auch Versuche mit schonenderen Extraktionsverfahren führen zu keiner universell einsetzbaren Bestimmungsmethode, welche in der Lage wäre für verschiedene Bodentypen den mobilen Schwermetallanteil und dessen Aufnahme in diverse Pflanzenarten zu ermitteln.

Nur durch eine kombinierte Interpretation der Ergebnisse von Boden-, Pflanzen-, Lebensmittel-, Wasser- und Luftuntersuchungen können schädigende Auswirkungen von Schadstoffbelastungen (nicht nur Schwermetalle!) richtig eingeschätzt werden. Besonders schwierig ist eine Einschätzung von Wechselwirkungen (Abschwächung und Potenzierung) mehrerer Substanzen. Hier gibt es noch großen Forschungsbedarf.

Die Bestimmung der Schwermetalle im Boden erfolgt nach ÖNORM L1085 (Königswasser-Aufschluss) und anschließender AAS - Messung mit Flammen- bzw. Graphitrohrtechnik (Mo, Cd und As); Hg wird mit Kaltdampftechnik (FIMS) bestimmt.

Richtwerte für die Beurteilung von Schwermetallbelastungen:

Grenzwert: Per Gesetz oder Verordnung festgelegter Maximalgehalt, welcher bei Überschreitung Folgemaßnahmen nach sich zieht. In der Steiermark müssen an Standorten mit einer Grenzwertüberschreitung Pflanzenproben untersucht werden und per Gutachten die Herkunft und flächenhafte Verbreitung des Schadstoffes abgeklärt werden (Steiermärkisches landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz, Bodenschutzprogrammverordnung und Klärschlammverordnung). Der Grenzwert für Quecksilber wurde mit Wirkung vom 29. 7. 2000 von 2 auf 1 mg/kg herabgesetzt.

Beim Arsen wird bisher, da in der Gesetzgebung kein Grenzwert angegeben ist, der international übliche Gehalt von 20 mg/kg als Richtwert verwendet.

Dazu sei angemerkt, dass diese Grenzwerte „de jure“ nur für den Oberboden (Acker 0 - 20 cm, alle anderen Flächen 0 - 10 cm) Geltung haben und damit im Dauergrünland eine entsprechende Berücksichtigung des zweiten Horizontes notwendig ist. Böden mit erhöhten Werten im Unterboden können jedoch trotzdem als belastete Standorte angesehen werden, sodass die gesetzlich vorgeschriebene Pflanzenprobenuntersuchung für Böden mit Grenzwertüberschreitungen auch dort erfolgte.

Der „Vater“ dieser Grenzwerte für die Bewertung von Schadstoffen in Böden („Richtwerte 1980“) ist Prof. Dr. Adolf Kloke vom Institut für wassergefährdende Stoffe an der Technischen Universität Berlin. Die „Richtwerte 1980“ repräsentieren in erster Linie die Bodensituation jener Region in der die ihrer Berechnung zu Grunde liegenden Untersuchungen durchgeführt wurden, die dortige Fragestellung, welcher die Richtwerte gerecht sein sollten und vermutlich auch die damaligen analytischen Möglichkeiten (Mo, Cd, Hg).

1986 waren diese Richtwerte für die Steiermark der wichtigste Anhaltspunkt einer Beurteilung der Untersuchungsergebnisse des Bodenschutzprogrammes. Nebenbei wurde auch mit aus der Literatur bekannten üblichen Bodengehalten verglichen.

1988 hat Prof. Kloke sein Beurteilungskonzept verfeinert und ein sogenanntes „Drei-Bereiche-System“ vorgeschlagen. Darin werden kurz gesagt drei Gehaltsbereiche (Unbedenklichkeitsbereich - Toleranzbereich - Toxizitätsbereich), je nach Bodennutzung noch weiter durch drei Bodenwerte (Unbedenklichkeitswert - Toleranzwert - Toxizitätswert) näher definiert.

Mit Abschluss der Untersuchungen im 4x4 km - Rastersystem in der Steiermark war es erstmals möglich die hiesige Bodenbelastung richtig einzuschätzen (Bodenschutzbericht 1998). "Bodenbelastungen" mit Arsen erwiesen sich als naturgegeben und unbedenklich - Cadmiumgehalte unter dem Grenzwert wurden als Umweltbelastung erkannt. Die wichtigsten Folgerungen aus diesen Untersuchungen waren:

- Bei der Erstellung von Richtwerten muss in erster Linie die gewünschte Aussage exakt definiert werden (z. B. das Erkennen von Umwelteinflüssen und erhöhtem geogenen Background) und dementsprechend ein passendes mathematisches Berechnungsverfahren gewählt werden.
- Bodenrichtwerte gelten streng genommen nur für eine begrenzte Region mit vergleichbarer Geologie und Umweltbelastung. Das heißt, dass Extremwerte von der Berechnung ausgenommen werden müssen. Wünschenswert wäre natürlich eine möglichst genaue Differenzierung geologischer Einheiten, doch dafür ist ein 4x4 km - Raster zu grob.

Entsprechend diesen Überlegungen wurden aus den Ergebnissen der Bodenzustandsinventur jene Richtwerte ermittelt, welche die durchschnittliche Obergrenze des noch als natürlich anzusehenden Gehaltsbereiches der Schwermetalle im Boden darstellen (ausreißerbereinigte Mediangehalte der Unterböden). Sie wurden als **Normalwerte** bezeichnet und ermöglichen das Erkennen von nennenswerten anthropogenen Schwermetalleinträgen oder geologischen Anomalien in den Böden der Steiermark.

Schwermetall - Richtwerte:

Richtwerte (mg/kg)	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
Grenzwert	100	300	100	100	60	50	10	2	1	(20)
Normalwert	60	160	50	80	70	30	1,6	0,5	0,3	40

Herkunft der Schwermetalle:

Zur weiteren Differenzierung zwischen anthropogener oder geogener Herkunft der Schwermetalle wurde für alle 1.000 Standorte rein rechnerisch die Differenz der Schwermetallgehalte aus Oberboden minus Unterboden gebildet. An Standorten, wo diese Differenz einen höheren Wert als der doppelte Vertrauensbereich ergibt, besteht der **Verdacht** auf eine anthropogene Beeinflussung.

Mit Hilfe dieses groben Rechenmodells erfolgte auch eine Abschätzung der ubiquitären Anreicherungen im Oberboden, welche möglicherweise auf Umwelteinflüsse zurückzuführen sind. Es sei dazu angemerkt, dass auch natürliche biologische und physikalisch-chemische Transportvorgänge im Boden Anteil an derartigen Anreicherungen haben können. Häufig führt auch das von Gewässern abgelagerte bodenbildende Schwemmaterial oder Hangwasser zur Anreicherung von Schwermetallen und anderen Schadstoffen im Oberboden. Diese können wiederum geogenen oder anthropogenen Ursprungs sein.

Abschätzung des vermutlich anthropogenen Schwermetallanteils im Oberboden:

Schwermetalle	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
in mg/kg:	10	37	16	20	10	5	0,4	0,20	0,12	5

Im Zuge der Auswertungen zeigte es sich, dass vor allem die beiden Schwermetalle **Cadmium** und **Blei** zu den häufigsten Umweltbelastungen zählen. Etwa 60 % der steirischen Böden weisen Anreicherungen von Blei und Cadmium im Oberboden auf; rund ein Drittel davon überschreitet auch den Normalwert, wobei hier die Summe aus der natürlichen geologischen Grundbelastung und den anthropogenen Einträgen maßgebend ist.

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse im Bezirk Voitsberg:

Bei der Beurteilung der Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen wurden nicht nur die Mittelwerte im Oberboden, sondern alle Untersuchungsjahre und Bodenhorizonte berücksichtigt.

Richtwertüberschreitungen im Bezirk Voitsberg:

Standort	Normalwert-Überschreitungen	Grenzwert-Überschreitungen
VOI 1	Hg	
VOI 4	Cu, Zn, Cr, Ni	Cr, Ni
VOI 7	Cu, Ni	Ni
VOI 9	Hg	As
VOI 11	Pb, Hg	
VOA 4	Hg	As
VOB 2	Cr, Ni	Cr, Ni
VFF 7	Cd	
VOX 10	Mo	
VOX 13	Zn, Pb, Hg	
VOX 17	Zn, Pb, Cd, Hg	Pb
VOX 21	Zn	
VOX 22	Hg	
VOX 23	Pb	
VOX 24		Ni

**Im Bezirk Voitsberg findet man an 14 von 52 untersuchten Standorten (27 %) Überschreitungen der Normalwerte (Vergleich Steiermark: 46 %).
Damit liegt die Schwermetallbelastung der untersuchten Böden deutlich unter dem Landesdurchschnitt.**

Details werden bei der folgenden Diskussion der Schwermetalle im Einzelnen besprochen.

Kupfer (Cu):

Allgemeines:

Kupfer ist ein für die Ernährung aller Lebewesen essentielles Element. Bei Kupferüberschuss können jedoch toxische Wirkungen bei Pflanzen und einigen Tieren (Schafe, Wiederkäuer) auftreten. Für viele Bakterien und Viren ist Kupfer nach Cadmium und Zink sogar das giftigste Element. Gräser und Algen hingegen sind relativ kupfertolerant. Außerdem sind Wechselwirkungen mit anderen Metallen bekannt. So kann ein Kupferüberschuss im Boden einen Eisen- bzw. Molybdänmangel bei Pflanzen auslösen. Nach Arbeiten der WHO benötigt der erwachsene Mensch täglich Kupfermengen von 0,03 mg/kg Körpergewicht (Kinder mehr: bis zu 0,08 mg/kg); Kupfermangelerscheinungen sind gleich wie eine chronische Kupfertoxizität beim Menschen sehr selten.

Untersuchungsergebnisse:

Kupfer (Cu) Normalwert: 60 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	11,80	14,45	18,95
Maximum	55,50	58,00	93,50
Mittelwert	30,02	30,97	33,76
Median - Voitsberg	28,81	30,05	29,20
Median - Steiermark	25,13	24,60	25,30

Die durchschnittlichen Kupfergehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur gut überein.

Anreicherungen im Oberboden sind nur in geringem Ausmaß am Standort **VOI 2** feststellbar und stammen wahrscheinlich aus dem bodenbildenden Schwemmmaterial der Kainach.

An 2 Untersuchungsstellen (**VOI 4 + 7**) kommt es im Unterboden zu geogen bedingten **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 60 ppm).

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes von 100 ppm Kupfer wurden nicht festgestellt.

Zink (Zn):

Allgemeines:

Zink ist ein für Pflanze, Tier und Mensch essentielles Spurenelement. Erst bei sehr hohen Gehalten im Boden wirkt es toxisch auf Pflanzen und Mikroorganismen. Auch für Tiere und Menschen ist Zink nicht sehr giftig. Viel häufiger gibt es Probleme durch Zinkmangel, sodass in der Futtermittelverordnung Minimalwerte für Zink vorgeschrieben werden. Zinkmangel in der Landwirtschaft wird zumeist über den aus dem EDTA-Extrakt abgeschätzten pflanzenverfügbaren Zinkanteil im Boden kontrolliert.

Der anthropogen verursachte Eintrag von Zink in unsere Umwelt erfolgt hauptsächlich durch industrielle Emissionen, durch Reifenabrieb (Reifen enthalten Zinkoxid) und Motorölzusätze von Kraftfahrzeugen. Dabei wird das Element neben der Ablagerung in unmittelbarer Umgebung zum Emittenten auch gebunden an kleinste Partikel fernverfrachtet.

Untersuchungsergebnisse:

Zink (Zn) Normalwert: 160 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	28,70	49,60	52,80
Maximum	228,00	210,00	177,80
Mittelwert	101,50	96,84	94,97
Median - Voitsberg	102,63	95,05	89,75
Median - Steiermark	94,95	85,40	77,40

Die durchschnittlichen Zinkgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur gut überein.

An 29 % der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse anthropogene Einflüsse (Industrie, Verkehr, etc.) ableitbar.

An 4 Untersuchungsstellen (**VOI 4, VOX 13, 17 + 21**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 160 ppm). Die Ursache der erhöhten Zinkgehalte ist am Standort **VOI 4** rein geogen bedingt, ansonsten zusätzlich von anthropogenen Einträgen überlagert.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes von 300 ppm Zink wurden nicht festgestellt.

Blei (Pb):

Allgemeines:

Blei ist kein essentielles Spurenelement und besitzt ein hohes toxisches Gefährdungspotential. Das durch menschliche Aktivitäten in die Umwelt gebrachte Blei kann sich im Boden und in Organismen anreichern. Es besitzt eine hohe biologische Halbwertszeit, welche beim Menschen 5-20 Jahre beträgt, sodass mit zunehmendem Alter der Bleigehalt im menschlichen Körper ansteigt.

Die Bleiaufnahme in den Körper erfolgt über die Nahrung und die Atemluft. Laut FAO/WHO wird eine Bleiaufnahme bis zu 3 mg/Woche (für eine 70 kg schwere Person) als tolerierbar angesehen. Als Indikator für eine Bleibelastung wird der Bleigehalt im Blut herangezogen. Bei Blut - Bleigehalten von mehr als 0,5 mg/l für Erwachsene bzw. 0,25 mg/l für Kinder können chronische Vergiftungen auftreten.

Emissionsquellen für Blei sind der Kfz-Verkehr, die Industrie und die Kohleverbrennung. Obwohl durch das Verbot der Verwendung von Treibstoffen mit Bleizusatz in Österreich ein weiterer Bleieintrag in die Umwelt gebremst wird, werden uns die bisher eingebrachten Bleibelastungen noch weiterhin sehr lange erhalten bleiben. Abgesehen davon enthalten auch unverbleite Treibstoffe noch Spuren von Blei.

Untersuchungsergebnisse:

Blei (Pb) Normalwert: 50 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	13,30	12,30	9,93
Maximum	115,61	124,11	91,67
Mittelwert	29,12	24,32	19,41
Median - Voitsberg	27,09	22,55	16,83
Median - Steiermark	27,44	21,60	15,45

Die durchschnittlichen Bleigehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur sehr gut überein.

An 56 % der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse anthropogene Einflüsse (Industrie, Verkehr, etc.) ableitbar, welche die Rolle des Bleis als ubiquitären Umweltschadstoff beweisen.

An 4 Untersuchungsstellen (**VOI 11, VOX 13, 17 + 23**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 50 ppm). Die erhöhten Gehalte an Blei resultieren aus der Summe des naturgegebenen und anthropogen eingetragenen Schwermetalls.

Am Standort **VOX 17** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Blei überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde. Ursache der Grenzwertüberschreitung ist ein bereits höherer natürlicher Background zu dem sich die ubiquitären, anthropogen verursachten Einträge addieren.

In der kontrollierten Grasprobe konnte kein erhöhter Bleigehalt festgestellt werden - das im Boden enthaltene Schwermetall ist also wenig pflanzenverfügbar.

Chrom (Cr):

Allgemeines:

Chrom ist ein für Pflanzen sehr wahrscheinlich entbehrliches, für Mensch und Tier dagegen essentielles Element. Seine toxischen Wirkungen sind stark von der Oxidationsstufe abhängig. So ist 6-wertiges Chrom 100 - 1000 mal giftiger als 3-wertiges. Bei arbeitsplatzbedingter Inhalation von Chrom (VI) - Verbindungen treten nach langen Latenzzeiten auch Krebserkrankungen der Atmungsorgane auf. Die Hauptmenge an Chrom wird normalerweise jedoch oral über die Nahrung und das Trinkwasser aufgenommen, wobei die Verweilzeit im Körper wesentlich kürzer ist, als beim Blei.

Untersuchungsergebnisse:

Chrom (Cr) Normalwert: 80 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	21,20	27,50	28,80
Maximum	136,60	147,50	133,00
Mittelwert	47,55	48,97	50,93
Median - Voitsberg	44,50	44,80	45,76
Median - Steiermark	39,93	39,70	40,60

Die durchschnittlichen Chromgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur gut überein.

Anreicherungen im Oberboden als Hinweis auf mögliche anthropogene Einträge sind nur an vier Untersuchungsstandorten (**VOA 1**, **VOB 3 + 5** und **VOX 15**) feststellbar.

An 2 Untersuchungsstellen (**VOI 4** und **VOB 2**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 80 ppm). Die Herkunft des Schadstoffes ist geogen erklärbar.

An diesen beiden Standorten ist auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Chrom überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe Pflanzenproben untersucht wurden.

In drei von vier kontrollierten Grasproben konnte kein erhöhter Chromgehalt festgestellt werden (ein erhöhter Chromgehalt bei einer Grasprobe konnte auf eine Verschmutzung durch den Weidevertritt zurückgeführt werden) - das im Boden enthaltene Schwermetall ist also wenig pflanzenverfügbar.

Nickel (Ni):

Allgemeines:

Nickel ist für einige lebende Organismen ein essentielles Spurenelement. Seine Toxizität ist stark von der Art der Verbindung abhängig. So ist seine 2-wertige wasserlösliche Form wenig toxisch (gegebenenfalls treten Dermatitisfälle auf). Andere Nickelverbindungen (z. B.: Nickelstäube) erwiesen sich als krebserregend oder teratogen. Bekannt ist Nickel auch als Auslöser allergischer Reaktionen.

Untersuchungsergebnisse:

Nickel (Ni) Normalwert: 70 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	10,30	13,80	18,10
Maximum	102,80	103,60	87,10
Mittelwert	34,78	38,87	42,80
Median - Voitsberg	33,81	37,85	40,70
Median - Steiermark	26,35	28,80	31,00

Die durchschnittlichen Nickelgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg liegen etwas höher als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur. Ursache ist ein naturgegebener höherer Background.

Anreicherungen im Oberboden als Hinweis auf mögliche anthropogene Einträge sind nur an zwei Untersuchungsstandorten (**VOB 2** und **VOX 2**) feststellbar.

An 3 Untersuchungsstellen (**VOI 4 + 7** und **VOB 2**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 70 ppm). Die Herkunft des Schwermetalls ist geogen bedingt, nur am Standort **VOB 2** ist zusätzlich eine leichte Anreicherung des Schadstoffes im Oberboden festzustellen.

An diesen Standorten und im Unterboden des Grünlandstandortes **VOX 24**, wo man ebenfalls einen von Natur aus erhöhten Nickelgehalt findet, ist auch der gesetzliche Grenzwert von 60 ppm Nickel überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe Pflanzenproben untersucht wurden.

In den kontrollierten Grasproben konnte kein erhöhter Nickelgehalt festgestellt werden - das im Boden enthaltene Schwermetall ist also wenig pflanzenverfügbar.

Kobalt (Co):

Allgemeines:

Kobalt ist für Mensch und Tier ein essentielles Spurenelement und ist im Vitamin B₁₂ für die Erhaltung der Gesundheit erforderlich. Der Bedarf an Vitamin B₁₂ ist gering und kann problemlos durch mäßige Fleisch- und Fischernährung gedeckt werden. Das toxische Potential von Kobalt ist bei oraler Aufnahme für den Menschen gering. Gefahren durch eine Kobaltbelastung bestehen im Bereich der metallverarbeitenden Industrie, wo es zu den als krebserzeugend ausgewiesenen Arbeitsstoffen zählt. Vereinzelt treten auch allergische Reaktionen durch den Kontakt mit kobalthaltigen Gegenständen auf.

Kobalt ist im Boden nur zu einem kleinen Anteil pflanzenverfügbar, wobei kobaltarme Böden meist nur einen Gehalt von 1-5 mg/kg aufweisen. Weidefutter sollte zur Vermeidung von Kobaltmangel mindestens 0,08 mg/kg Kobalt in der Trockensubstanz aufweisen.

Untersuchungsergebnisse:

Kobalt (Co) Normalwert: 30 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	3,20	5,60	1,00
Maximum	27,50	28,50	27,70
Mittelwert	14,85	16,23	16,86
Median - Voitsberg	15,18	13,10	17,05
Median - Steiermark	12,70	13,60	14,50

Die durchschnittlichen Kobaltgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur gut überein.

Anreicherungen im Oberboden als Hinweis auf mögliche anthropogene Einträge sind an sechs Untersuchungsstandorten (**VOB 3 - 7** und **VOX 2**) feststellbar.

Es waren keine **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 30 ppm) nachweisbar.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes von 50 ppm Kobalt wurden daher ebenfalls nicht festgestellt.

Molybdän (Mo):

Allgemeines:

Das für Pflanzen, Tiere und Menschen lebensnotwendige Schwermetall Molybdän ist weit verbreitet und wird im Boden als Molybdat-Anion freigesetzt. Seine Verfügbarkeit steigt mit höherem pH-Wert, sodass sich eine Kalkung saurer Böden bei Molybdänmangel positiv auswirkt. Der Molybdängehalt in Pflanzen liegt normalerweise zwischen 0,1 - 0,3 mg/kg bezogen auf die Trockensubstanz. Eine industrielle Verschmutzung kann deutlich höhere Gehalte verursachen, wobei auch schon Vergiftungserscheinungen bei Rindern beobachtet wurden.

Untersuchungsergebnisse:

Molybdän (Mo) Normalwert: 1,6 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,24	0,23	0,18
Maximum	1,53	1,63	1,79
Mittelwert	0,85	0,76	0,69
Median - Voitsberg	0,83	0,78	0,67
Median - Steiermark	0,89	0,75	0,66

Die durchschnittlichen Molybdängehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur sehr gut überein.

An 35 % der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse anthropogene Einflüsse (Industrie, Verkehr, etc.) ableitbar, was auf die Rolle des Molybdäns als ubiquitären Umweltschadstoff hinweist.

In den beiden unteren Horizonten des Grünlandstandortes **VOX 10** kommt es zu geringfügigen **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 1,6 ppm), welche rein geogen erklärbar sind.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes von 10 ppm Molybdän wurden nicht festgestellt.

Cadmium (Cd):

Allgemeines:

Cadmium ist ein für Tier und Mensch bereits in geringen Konzentrationen toxisch wirkendes Element. Laut WHO - Empfehlung sollen dem menschlichen Körper täglich nicht mehr als 1 µg Cd pro kg Körpergewicht zugeführt werden. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang auch die beträchtliche Cadmiumaufnahme durch Zigarettenrauch. Da die biologische Halbwertszeit von Cadmium beim Menschen sehr lang ist (19-38 Jahre), steigt der Cadmiumgehalt von Leber und Nieren mit zunehmendem Alter und die Gefahr einer Nierenfunktionsstörung nimmt zu. Zudem wurde im Tierversuch auch ein krebserregendes, mutagenes und teratogenes Potential beobachtet. In Kombination mit anderen Schwermetallen sind antagonistische und synergistische Effekte bekannt.

Toxische Wirkungen auf Pflanzen hängen stark von der Pflanzenart ab, treten aber meist erst bei höheren Konzentrationen im Boden auf. So wurden in Vegetationsversuchen erst ab 5 mg Cd / kg Boden und etwa 10 mg Cd / kg Pflanzen Ertragsminderungen festgestellt. Dabei ist aber die verstärkende Wirkung durch das Vorhandensein anderer Schwermetalle nicht berücksichtigt.

Der natürliche Cadmiumgehalt von Böden korreliert mit dem des Zink. Beide Elemente sind leicht mobilisierbar. Vor allem bei pH-Werten unter 6 steigt die Löslichkeit von Cadmium im Boden stark an, sodass bei belasteten sauren Böden eine Aufkalkung zu empfehlen ist.

Quellen für den vom Menschen verursachten Cadmiumeintrag in Böden sind die metallverarbeitende Industrie, der Kfz-Verkehr, Feuerungs- und Müllverbrennungsanlagen, sowie die Aufbringung von Klärschlamm und Phosphatdüngern.

Untersuchungsergebnisse:

Cadmium (Cd) Normalwert: 0,5 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,07	0,00	0,00
Maximum	0,80	0,69	0,47
Mittelwert	0,27	0,17	0,12
Median - Voitsberg	0,27	0,15	0,09
Median - Steiermark	0,28	0,17	0,10

Die durchschnittlichen Cadmiumgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur sehr gut überein.

An 60 % der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse anthropogene Einflüsse (Industrie, Verkehr, etc.) ableitbar, was die Rolle des Cadmiums als ubiquitären Umweltschadstoff beweist.

An den beiden Untersuchungsstellen **VFF 7** und **VOX 17** kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 0,5 ppm). Die erhöhten Gehalte an Cadmium resultieren aus der Summe des naturgegebenen und anthropogen eingetragenen Schwermetalls, wobei am Standort **VFF 7** der Einfluss des Straßenverkehrs der angrenzenden Packautobahn nahe liegt. Am Standort **VOX 17** hingegen ist hauptsächlich ein naturgebener höherer Background schuld an den überhöhten Gehalten (vergleiche Blei).

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes von 2 ppm Cadmium wurden nicht festgestellt.

Quecksilber (Hg):

Allgemeines:

Quecksilberverbindungen (vor allem organische wie Methylquecksilber) sind stark toxisch für Mensch und Tier. Auch mutagene und teratogene Wirkungen sind bekannt. Die WHO sieht für den Menschen eine wöchentliche Maximaldosis von 0,35 mg (für eine 70 kg schwere Person) als tolerierbar an. Die Hauptaufnahmekategorie bei der Nahrung stellt der Verzehr von Meerestieren dar.

Die Quecksilberbelastung der Umwelt passiert wegen des hohen Dampfdruckes von Quecksilber etwa zu zwei Drittel aus natürlichen Quellen und zu einem Drittel durch menschliche Aktivitäten, wobei die Anwendung von quecksilberhaltigen Fungiziden und Beizmitteln heute verboten ist.

Im Boden wird Quecksilber sehr stark durch den Humus gebunden, sodass seine Mobilisierbarkeit außerordentlich gering ist und erhöhte Pflanzengehalte auch bei stark kontaminierten Böden selten sind. Quecksilberanreicherungen sind nur in wenigen Pflanzen wie Algen und Pilzen von Bedeutung.

Untersuchungsergebnisse:

Quecksilber (Hg) Normalwert: 0,3 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,03	0,04	0,02
Maximum	0,46	0,36	0,42
Mittelwert	0,15	0,12	0,11
Median - Voitsberg	0,13	0,11	0,09
Median - Steiermark	0,13	0,10	0,08

Die durchschnittlichen Quecksilbergehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg stimmen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur sehr gut überein.

Anthropogene Einflüsse (Anreicherungen im Oberboden) sind an 17 % der Untersuchungsstandorte feststellbar. Die Herkunft des Schadstoffes ist keiner einzelnen Emissionsquelle eindeutig zuordenbar.

An 7 Untersuchungsstellen (**VOI 1, 9 + 11, VOA 4** und **VOX 13, 17 + 22**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 0,3 ppm). Die erhöhten Gehalte an Quecksilber resultieren aus der Summe des naturgegebenen und anthropogen eingetragenen Schwermetalls.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes von 1 ppm Quecksilber wurden nicht festgestellt.

Arsen (As):

Allgemeines:

Bei einer Betrachtung der Toxikologie des Arsen müssen seine beiden Oxidationsstufen berücksichtigt werden. So ist dreiwertiges Arsen besonders giftig und verursacht Hautkrebs. Arsen ist vermutlich auch co-karzinogen, mutagen und teratogen.

Seine gebietsweise häufige Verbreitung in oft beträchtlichen Konzentrationen ist zumeist geogener Natur. Anthropogen verursachte Einträge im Boden findet man vor allem in der Nähe von Schmelzereien. Weitere Arsenimmissionen erfolgen durch die Verbrennung von Kohle und Schieferöl. Auch die früher übliche landwirtschaftliche Anwendung von Arsen-hältigen Schädlingsbekämpfungsmitteln kann fallweise kleinräumig Probleme bereiten. Ein noch umstrittenes Thema ist die Verwendung von arsenhaltiger roter Asche auf Sportplätzen.

Die Hauptaufnahmequelle des Menschen stellt der Verzehr von Meerestieren und Reis sowie Getreide dar. Man vermutet sogar, dass Arsen für Mensch und Tier innerhalb einer schmalen Wirkungsbreite ein essentielles Spurenelement ist. Erstaunlich ist auch der Antagonismus von Arsen und Selen, welche zusammen deutlich weniger giftig sind als einzeln. Die WHO/FAO empfiehlt, dass die tägliche Nahrungsaufnahme von Arsen 0,05 mg/kg Körpergewicht nicht übersteigt.

Untersuchungsergebnisse:

Arsen (As) Normalwert: 40 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	1,90	2,00	0,00
Maximum	22,30	18,20	18,50
Mittelwert	7,79	7,61	7,13
Median - Voitsberg	6,15	5,85	5,50
Median - Steiermark	11,55	12,20	12,30

Die durchschnittlichen Arsengehalte der untersuchten Böden im Bezirk Voitsberg liegen deutlich niedriger als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur, was auf eine geringere geogene Grundbelastung zurückzuführen ist.

Anreicherungen im Oberboden als Hinweis auf mögliche anthropogene Einträge sind an vier Untersuchungsstandorten (**VOI 8, 9 + 11** und **VOX 23**) feststellbar.

Es waren keine **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 40 ppm) nachweisbar.

Geringfügige Überschreitungen des Richtwertes von 20 ppm Arsen sind an den beiden Untersuchungsstellen **VOI 9** und **VOA 4** nachzuweisen. Dieser Richtwert von 20 ppm ist im ostalpinen Bereich wegen der naturgegebenen höheren Grundbelastung nicht sinnvoll. Die Herkunft des Schadstoffes ist geogen bedingt, oder kommt aus dem bodenbildenden Schwemmmaterial (**VOI 9**).

In den kontrollierten Grasproben konnte kein erhöhter Arsengehalt festgestellt werden - das im Boden enthaltene Schwermetall ist also wenig pflanzenverfügbar.

Die Untersuchung von Pflanzenproben an Standorten mit Grenzwert-überschreitenden Schwermetallgehalten (§ 3 der Bodenschutzprogramm-Verordnung)

Um einen möglichen **Transfer der Schwermetalle** vom Boden in die Pflanzen zu kontrollieren, erfolgen an den Standorten mit Schwermetallgehalten über dem gesetzlichen Grenzwert Pflanzenuntersuchungen.

Zur Bewertung der Ergebnisse werden folgende als „normal“ angesehenen **Orientierungswerte** für Schwermetallgehalten in Pflanzen (laut „Lehrbuch der Bodenkunde“ von Scheffer und Schachtschabel, 1984) herangezogen (Angaben in mg/kg Trockensubstanz):

Cu	3 - 30	Ni	0,1 - 3
Zn	10 - 100	Cd	0,05 - 0,4
Pb	0,1 - 6	Hg	0,002 - 0,04
Cr	0,1 - 1	As	0,1 - 1

Weitere Beurteilungsgrundlagen:

Futtermittelverordnung 2000 (As, Pb, Cd, Hg)
Lebensmittel-Richtwerte (Pb, Cd, Hg)

Hier werden fallweise für konkrete pflanzliche Produkte zu speziellen Schwermetallen Höchstgehalte bzw. Richtwerte angeführt.

Für die beiden Elemente **Kobalt** und **Molybdän** sind keine Richtwerte bekannt, außer dass Weidefutter zur Vermeidung von Kobaltmangel mindestens 0,08 mg/kg Kobalt in der Trockensubstanz aufweisen sollte.

Nach den bisherigen Ergebnissen der Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes liegen Kobaltgehalte von Grasproben üblicherweise unter 0,3 mg/kg Co, jene von Molybdän unter 4 mg/kg Mo in der Trockensubstanz.

Durch Vergleich der Orientierungswerte mit den bisher im Zuge der Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes gefundenen Gehalten wurde festgestellt, dass es sowohl an Standorten mit erhöhten Schwermetallgehalten im Boden als auch bei unbelasteten Kontrollböden manchmal zu Schwermetallbelastungen in den Pflanzen kommt.

Daraus erkennt man, dass es nicht möglich ist, von Bodengehalten auf Pflanzenbelastungen und somit auf eventuelle Gefährdungen zu schließen. Seit dem Jahr 2000 werden daher im Zuge der Zehn-Jahreskontrollen an allen Standorten des Bodenschutzprogrammes Pflanzenproben auf alle Schwermetalle hin untersucht.

Untersuchungsergebnisse im Bezirk Voitsberg: **Schwermetallgehalte** in mg/kg TS.

Die Standorte mit erhöhten Schwermetallgehalten in den Pflanzen:

Kennung	Pflanze	Pb	Cr	Ni	Co	As
VOI 4 - 1996	Gras 1	-	0,65	0,64	-	-
	Gras 2	-	2,03	1,38	-	-
VOI 7 - 1996	Gras 1	-	-	0,97	-	-
	Gras 2	-	-	1,23	-	-
VOI 9 - 2000	Gras 1	-	-	-	-	< 0,3
	Gras 2	-	-	-	-	< 0,3
VOA 4 - 1996	Gras 1	-	-	-	-	< 0,3
	Gras 2	-	-	-	-	< 0,3
VOB 2 - 1996	Gras 1	-	0,41	0,92	-	-
	Gras 2	-	0,48	0,89	-	-
VOX 17 - 2008	Gras 1	0,85	0,74	0,53	0,14	< 0,3
VOX 24 - 2006	Gras 1	0,21	0,11	2,23	0,01	< 0,3

fett: Gehalte > Orientierungswerte

Die Belastung des 2. Grasschnittes am Standort **VOI 4** mit **Chrom** ist auf eine Verschmutzung der Pflanzen durch den Weidebetrieb zurückzuführen.

Es kann generell gesagt werden, dass die Kontamination von Pflanzen mit Schwermetallen vorwiegend über aufgewirbelte Bodenpartikel beim Mähen, durch den Weidebetrieb oder über das Spritzwasser bei starken Regenfällen erfolgt. Eine Belastung über das von den Wurzeln aufgenommene Bodenwasser ist wegen der schlechten Pflanzenverfügbarkeit der Schwermetalle wenig wahrscheinlich.

Am Grünlandstandort **VOX 24** wurde ein Kobaltgehalt unter 0,08 mg/kg TS. festgestellt, sodass hier **Kobaltmangel** möglich ist. Sollte sich bei den Nutztieren ein Hinweis auf eine Mangelkrankung ergeben, ist eine entsprechende Ernährungsergänzung in Erwägung zu ziehen.

Organische Schadstoffe:

Die chlorierten Kohlenwasserstoffe (HCB, Lindan und DDT):

Allgemeines:

Die landwirtschaftliche Anwendung dieser 3 Schadstoffe ist zwar schon lange verboten, doch bedingt durch ihre Langlebigkeit sind sie auch heute noch immer wieder im Boden nachweisbar. Auf Grund ihres lipophilen (fettliebenden) Charakters werden sie bevorzugt in fetthaltigen Pflanzenteilen angereichert und im Fettgewebe von Lebewesen gespeichert. Sie besitzen eine hohe biologische Halbwertszeit.

HCB (Hexachlorbenzol) war früher als Fungizid in Verwendung und kommt als Verunreinigung in diversen Chemikalien vor. Seine Verbreitung in die Umwelt findet daher auch heute noch statt (Müllverbrennung, Industrie).

Lindan war früher ein weit verbreitetes Insektizid, welches vor allem in der Forstwirtschaft bei der Borkenkäferbekämpfung eingesetzt wurde. Seine chemische Bezeichnung lautet γ -Hexachlorcyclohexan bzw. γ -HCH.

DDT (Dichlor-diphenyl-trichlorethan) war jahrzehntelang als universelles Insektizid (zum Beispiel: Kartoffelkäferbekämpfung) im Einsatz.

Die Bestimmung dieser 3 Schadstoffe erfolgt nach gemeinsamer Aufarbeitung zusammen mit den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen nach einer Hausmethode und durch Messung mittels ECD - GC.

Ihre Bestimmung wird generell nur im Oberboden durchgeführt, Unterböden werden nur bei positiven Befunden des Oberbodens untersucht, um eine eventuelle Tiefenverlagerung erkennen zu können.

Die **Bestimmungsgrenze** der Substanzen wurde wegen der starken Schwankungen geringfügiger Bodengehalte (inhomogene Verteilung im Boden) auf 15 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) festgelegt. Speziell beim DDT ist die inhomogene Verteilung des Schadstoffes im Boden oft extrem.

Unter der Bestimmungsgrenze ist eine Quantifizierung der Ergebnisse nicht seriös – ein qualitativer Nachweis von Rückständen aber möglich.

Unter der **Nachweisgrenze** ist auch ein qualitativer Nachweis nicht mehr möglich. Sie liegt bei den hier durchgeführten Bestimmungen bei etwa 10 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Die Bestimmungs- und Nachweisgrenzen verbessern sich im Laufe der Zeit. Ab 2006 konnten die Bestimmungsgrenzen für chlorierte Kohlenwasserstoffe im Boden durch den Neukauf von Analysegeräten unter 1 ppb gesenkt werden.

Untersuchungsergebnisse:

Bei der Erst- und Wiederholungsuntersuchung der 52 Standorte im Bezirk Voitsberg wurden nur am Ackerstandort **VOI 9** geringfügige **HCB- Rückstände** im Boden festgestellt. **Lindan** und **DDT** waren im Rahmen der Bodenzustandsinventur nicht nachzuweisen.

Durch die Verbesserung der Bestimmungsgrenzen während der Untersuchungen zur Bodendauerbeobachtung (Zehn-Jahreskontrollen) konnten auch an folgenden anderen Ackerstandorten minimale Rückstände nachgewiesen werden:

HCB: VOX 1

DDT: VOI 3, 5 + 9

Alle gefundenen Rückstände liegen im geringfügigen Gehaltsbereich von 1 - 10 ppb und sind in den unterschiedlichen Untersuchungsjahren großen Schwankungen unterworfen. Es handelt sich bei den Belastungen um lokal eng begrenzte Rückstände mit sehr großer lokaler Variabilität.

In diesem Zusammenhang ist auch die Tatsache, dass im zeitlichen Verlauf der Untersuchungen niedrigere oder höhere Rückstände gefunden werden vorerst als Indiz für die Inhomogenität des Schadstoffes im Boden und nicht für dessen Ab- oder Zunahme zu werten. Ob im Lauf von Jahrzehnten von einer statistisch gesicherten Abnahme gesprochen werden kann, wird die Auswertung der in Arbeit befindlichen Bodendauerbeobachtung zeigen.

Die Unterböden der untersuchten Standorte sind rückstandsfrei. Eine Tiefenverlagerung des Schadstoffes erfolgt offensichtlich nur durch ackerbauliche Maßnahmen.

Die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's):

Allgemeines:

Die Abkürzung „PAH's“ oder "PAH" für diese Substanzklasse entstammt der englischsprachigen Literatur („polycyclic aromatic hydrocarbons“); weiters üblich sind auch „PAK“ (von „polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen“) und „PCA“ (von „polyzyklische Aromaten“) aus der deutschsprachigen Schreibweise.

PAH's entstehen bei diversen Verbrennungsvorgängen, egal ob es sich um eine Verbrennung von Kohle, Öl, Kraftstoffen, Holz oder Zigarettentabak handelt. Bei der alleinigen Verbrennung einer organischen Substanz (z. B.: Erdöl) entsteht zwar ein charakteristisches Verteilungsmuster der PAH - Einzelsubstanzen (PAH-Profil), dennoch ist eine Verursachermittlung über den PAH - Gehalt einer Bodenprobe kaum möglich, da das gefundene PAH-Profil immer ein Mischprofil aus mehreren Quellen darstellt. Dennoch ist eine Bestimmung der PAH's im Boden von großem Wert, weil der PAH - Gehalt neben den Schwermetallgehalten ein universeller Indikator für die Umweltbelastung des untersuchten Standortes ist.

Bei den Vertretern dieser Schadstoffe handelt es sich meist um stark toxische, krebserzeugende, mutagene (erbgutverändernde) und teratogene (den Fötus schädigende) Substanzen. Die größten Emissionsquellen sind Industrie, Hausbrand, Kraftstoffverbrennungsmaschinen und natürliche Brände. Die Verbreitung der PAH's erfolgt über feine Rußpartikel, an welchen die Schadstoffe adsorbiert sind. Besonderes Augenmerk sollte daher der Rußpartikel - Emission aus den Dieselmotoren des ständig wachsenden Schwerverkehrs und der zunehmend großen Anzahl dieselbetriebener Pkw's gewidmet werden.

PAH's sind heute ubiquitär verbreitet und werden auch in den entlegendsten Almböden gefunden. Dass sie trotz ihres hohen Toxizitätspotentials nicht verbreitet großen Schaden anrichten, verdankt man dem Umstand, dass sie aufgrund ihrer geringen Wasserlöslichkeit für die Nahrungskette kaum verfügbar sind. Nur bei direkter Inhalation (z. B.: Zigarettenkonsum), oder bei oraler Aufnahme von Ruß-belasteten Nahrungsmitteln (angebrannte oder falsch geräucherte Lebensmittel) ist eine unmittelbare Gesundheitsgefährdung gegeben.

Die Schadstoffgruppe der PAH's besteht aus vielen Einzelsubstanzen, deren bekanntester Vertreter das als Leitsubstanz gebräuchliche Benzo(a) Pyren ist. Bei der steirischen Bodenzustandsinventur werden folgende PAH's bestimmt:

Phenanthren	Summe Benzo(b+k+j) Fluoranthen
Anthracen	Benzo(e) Pyren
Fluoranthen	Benzo(a) Pyren
Pyren	Perylen
Summe Triphenylen + Chrysen	Benzo(ghi) Perylen

Um die Ergebnisse besser überblicken und interpretieren zu können, werden die Einzelgehalte zu einer „PAH-Summe“ addiert - ausgenommen von dieser Summenbildung werden nur die Substanzen Phenanthren und Anthracen, da sie größere analytische Schwankungen aufweisen und so das Ergebnis verfälschen können. Ihre Bestimmung ist aber dennoch von Bedeutung, da Phenanthren und Anthracen, als die zwei niedermolekularsten untersuchten Verbindungen, auch die größte Tendenz zur Tiefenverlagerung verglichen mit den anderen PAH's aufweisen.

Zur leichteren Interpretierbarkeit der Untersuchungsergebnisse wird folgende grobe **Klasseneinteilung** getroffen (ppb = $\mu\text{g}/\text{kg}$):

PAH-Summe	0 - 200 ppb	„Ubiquitäre Belastung“
PAH-Summe	201 - 500 ppb	„Erhöhte Belastung“
PAH-Summe	> 500 ppb	„Starke Belastung“

Die Bestimmung der PAH's erfolgt in gemeinsamer Aufarbeitung mit den chlorierten Kohlenwasserstoffen nach einer in internationalen Ringversuchen getesteten Hausmethode (Aceton-Extraktion und Messung mittels GC - MS).

Wie bei den chlorierten Kohlenwasserstoffen, wurde bei der Bodenzustandsinventur primär nur der Oberboden untersucht und erst ab einer PAH-Summe von mehr als 500 ppb auch die Unterböden kontrolliert.

Untersuchungsergebnisse:

Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen der **PAH-Summe** im Bezirk Voitsberg:

PAH-Summe (Horizont 1)	Ubiquitäre Belastung	Erhöhte Belastung	Starke Belastung
Grünland	32	2	2
Acker	13	-	-
Hochalm	2	-	-
Wald	-	1	-
Alle Standorte in VO in %	90 %	6 %	4 %
Steiermark in %	86 %	8 %	6 %

→ Die PAH - Belastung im Bezirk Voitsberg entspricht dem Ergebnis der landesweiten Bodenzustandsinventur.

Starke Belastungen wurden nur in den Böden der zwei Grünlandstandorte **VOX 12 +18** gefunden.

Am Standort **VOX 12** differieren die gefundenen Gehalte des Erst- und Folgejahres sehr stark (338 und 1211 ppb PAH-Summe), sodass eine extrem inhomogene und vermutlich auch lokal eng begrenzte Verteilung der Schadstoffe im Boden anzunehmen ist, wie sie zum Beispiel durch Brauchtumsfeuer oder andere kleine Verbrennungsvorgänge verursacht werden kann.

Der Grünlandstandort **VOX 18** liegt 400 m von einer Asphaltmischanlage entfernt. Aber auch die Straßennähe und Einträge über das Schwemmmaterial des nahen Baches kommen als Verursacher in Frage.

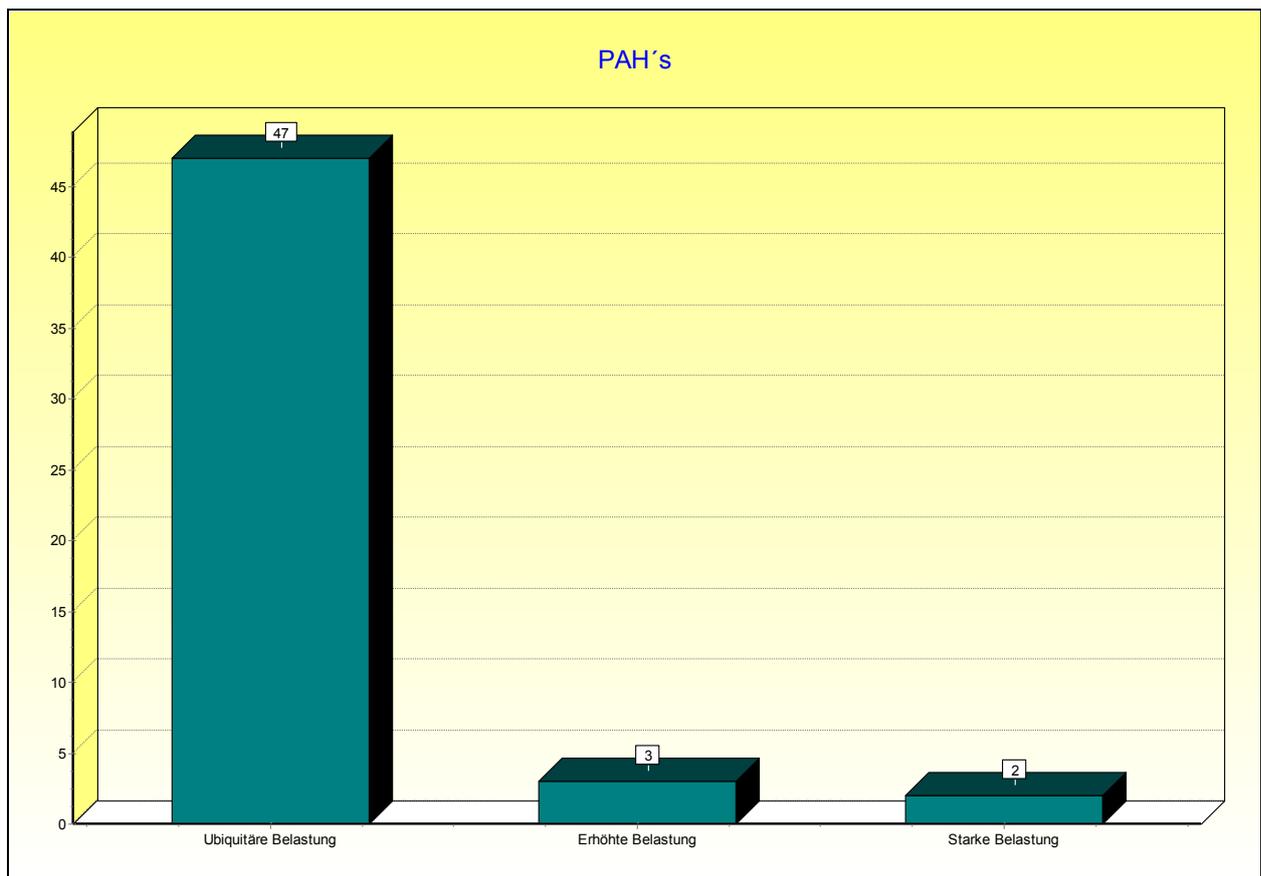
Bei den drei Standorten mit **erhöhten Belastungen** ist nur am Grünlandstandort **VFF 7** durch den Einfluss der Packautobahn der Verursacher „Straßenverkehr“ als ziemlich sicher anzunehmen.

Bei der zweiten als Grünland genutzten Untersuchungsstelle **VOX 24** und beim Waldstandort **VOI 11** waren nur in einem Untersuchungsjahr erhöhte Gehalte feststellbar, was auf geringfügige, lokal eng begrenzte Brandereignisse schließen lässt.

Die statistischen Richtwerte der im Bezirk Voitsberg untersuchten Standorte lauten:

PAH-Summe in ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Horizont 1
Minimum	10
Maximum	774
Mittelwert	103
Median - Voitsberg	59
Median - Steiermark	65

Der Mediangehalt der Böden im Bezirk Voitsberg entspricht jenem der landesweiten Bodenzustandsinventur.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des PAH-Gehaltes

Triazin - Rückstände:

Allgemeines:

Die Untersuchung von Triazinrückständen erfolgt nur an Ackerstandorten und umfasst die Rückstände folgender **5 Triazine**:

Atrazin, Simazin, Cyanazin, Terbutylazin und Propazin.

Die angeführten Substanzen sind Unkrautvernichtungsmittel (Herbizide), wovon vor allem das Mittel **Atrazin** bis Mitte der 90er Jahre beim Maisanbau stark zum Einsatz kam. Als das Problem der Grundwasserkontamination auftrat, wurde die Anwendung von Atrazin, nach anfänglichen gesetzlichen Anwendungsbeschränkungen, mit 5. 5. 1995 gänzlich verboten.

Die Bestimmung der Rückstände im Boden erfolgt nach einer Hausmethode (Aceton/Wasser - Extraktion und Messung mittels NPD - GC).

Die Bestimmungsgrenze der einzelnen Parameter beträgt 10 µg/kg (= 10ppb).

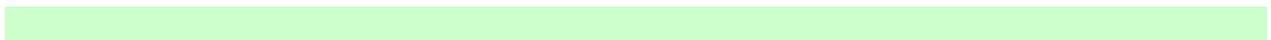
Die Schwankungsbreite der Atrazinrückstände im Boden kann auf Grund von inhomogener Aufbringung eine relativ hohe lokale Variabilität aufweisen!

Untersuchungsergebnisse:

An den 13 Ackerstandorten im Bezirk Voitsberg wurden in den Untersuchungsjahren 1990 bis 1996 in 7 Böden (**VOI 2, 3, 5 + 6, VOA 5 + 6** und **VOB 6**) **Atrazin - Rückstände** nachgewiesen. Die Höhe der gefundenen Rückstände lässt auf eine Einhaltung der damaligen Anwendungsbeschränkungen rückschließen.

Bei den Kontrollen im Rahmen der Bodendauerbeobachtung (Zehnjahreskontrollen) und bei nach 1995 eingerichteten Standorten liegen die Atrazingehalte unter der Bestimmungsgrenze.

Bei der zweiten Zehnjahreskontrolle des Standortes **VOI 8** im Jahre 2006 wurde erstmals auch ein Rückstand des Herbizides **Terbutylazin** im Boden festgestellt (18 ppb). Die Anwendung dieses Unkrautvernichtungsmittels ist derzeit zulässig.



Bodenbeeinflussungen durch den Straßenverkehr

(Auszug aus dem Bodenschutzbericht 1999)

Im Jahr 1997 wurde um eine mögliche Beeinflussung landwirtschaftlich genutzter Böden durch den Straßenverkehr abschätzen zu können, im Einflussbereich der Packautobahn ein Untersuchungsstandort eingerichtet.

Als „klassische“ verkehrsbedingte Umweltschadstoffe sind die Schwermetalle Blei, Zink und Cadmium anzusehen.

Blei wurde früher dem Treibstoff in Form von Bleitetraethyl als Antiklopffmittel zugesetzt. Seit 1971 wurde der Bleigehalt im Treibstoff schrittweise gesenkt. Seit 1. 10. 1985 ist Normalbenzin in Österreich praktisch bleifrei. Superbenzin enthielt damals noch 0,15 g Blei /l, welches später durch organische Stoffe ersetzt wurde. Heute enthält der Treibstoff bei uns Blei nur mehr als Verunreinigung in Spuren.

Das Element **Zink** gelangt über Korrosionsschutzmittel und den Abrieb von Reifen, welchen es als Zusatzstoff beigemischt wird, in die Umwelt. Auch als Additiv zu Motorölen werden Zinkverbindungen eingesetzt.

Der Schadstoff **Cadmium** ist als Verunreinigung mit dem Zink vergesellschaftet.

Weitere Schadstoffquellen sind der Abrieb von Brems- und Kupplungsbelägen, sowie die Fahrbahnabnutzung.

Als Folge der Katalysatorabnutzung ist heute auch schon eine Belastung der Umwelt mit dem Edelmetall **Platin** in Diskussion.

Bei der Treibstoffverbrennung entstehen neben gasförmigen Schadstoffen auch die krebserregenden **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)**, welche – an Rußpartikel gebunden – hauptsächlich von Dieselmotoren und dem Hausbrand emittiert werden.

Wie Untersuchungen des Umweltbundesamtes 1988 an Böden neben der Tauernautobahn zeigen, nimmt die Bleibelastung durch den Verkehr sehr rasch mit der Entfernung zur Straße ab. Bereits nach 10 Metern sinken die Bleigehalte im Oberboden auf das übliche, ubiquitäre Belastungsniveau ab und sind nicht mehr unmittelbar mit der Verkehrsnähe in Verbindung zu bringen. Bei speziellen geländemorphologischen Besonderheiten (Senken, Prallhänge) sind allerdings andere Entfernungsabhängigkeiten zu erwarten.

Bei den Elementen Zink und Cadmium war die Korrelation zwischen Belastung und Entfernung nicht so eindeutig, wie beim Blei. Die Verkehrsbelastung durch PAH's wiederum weist eine deutliche Abhängigkeit zur Straßennähe auf.

Zu den Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes ist anzumerken, dass die Probennahme am Untersuchungsstandort nicht punktförmig erfolgt, sondern flächenhaft. Dazu werden ausgehend vom Mittelpunkt des Standortes kreisförmig im Abstand von 10 Metern in den Haupthimmelsrichtungen vier Einzelproben gezogen, welche dann zu einer Mischprobe vereint werden. Im Jahr darauf erfolgt analog dazu eine Probennahme in den vier Nebenhimmelsrichtungen.

Da die Ergebnisse der Untersuchungen beider Jahre im Normalfall übereinstimmen, kann letztlich ein Mischwert aus 8 Einzelproben als Maß für die Untersuchungsfläche herangezogen werden.

Die Entfernungsangaben der Untersuchungsstandorte zur Straße werden immer vom Mittelpunkt der Untersuchungsfläche zum Straßenrand hin gemessen.

Der Untersuchungsstandort **VFF 7** wurde in ca. 40 Metern Entfernung unter den Brückenstehern der Autobahn eingerichtet, welche in diesem Bereich über eine Hochbrücke geführt wird.

Die Fläche der Untersuchungsstelle wird als mehrschnittige Wiese und als Weide genutzt.

Die Autobahn über den Packsattel ist Teil einer wichtigen Transit- und Urlaubsrouten und daher auch sehr stark frequentiert.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen: Pb, Cd.

Bei den verkehrsrelevanten Schadstoffen Zink, Blei und Cadmium findet man Anreicherungen im Oberboden, welche vor allem beim **Cadmium** deutlich auf eine Belastung durch den Verkehr hinweisen. Der geogene Background an Schwermetallen ist in diesem Bereich von Natur aus sehr niedrig, sodass anthropogene Schadstoffeinflüsse sich deutlich von den Gehalten im Untergrund abheben.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg (ppm): **VFF 7**

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	25,0	23,4	22,7	26,3	60
Zink (Zn)	88,0	88,4	52,0	62,0	160
Blei (Pb)	38,3	39,2	19,4	13,1	50
Chrom (Cr)	34,7	31,7	31,1	28,8	80
Nickel (Ni)	25,4	23,4	25,0	32,6	70
Kobalt (Co)	10,5	10,7	9,6	9,9	30
Molybdän (Mo)	1,20	1,10	0,98	1,15	1,6
Cadmium (Cd)	0,68	0,80	0,11	0,06	0,5
Quecksilber (Hg)	0,13	0,13	0,12	0,13	0,3
Arsen (As)	3,8	3,0	3,7	2,0	40

Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt eine Untersuchung von Pflanzen.

Die Bodengehalte der **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)** weisen eine PAH-Summe von ca. 400-500 ppb auf, was als erhöhte Belastung zu werten ist. Als Verursacher ist hier hauptsächlich der Verkehr anzunehmen.

Die 2007 durchgeführte Zehnjahreskontrolle des Standortes zeigte **keine** Zunahme der Schadstoffe.

Erläuterung der Abkürzungen

Die Untersuchungsparameter:

CaCO₃	Kalziumcarbonat bzw. Kalk
P₂O₅	Phosphorpentoxid → Angabeform des Phosphor-Gehaltes
K₂O	Kaliumoxid → Angabeform des Kalium-Gehaltes
Mg	Magnesium
B	Bor
F	Wasser - extrahierbares Fluor

EDTA-Cu	EDTA - extrahierbares Kupfer
EDTA-Zn	EDTA - extrahierbares Zink
EDTA-Mn	EDTA - extrahierbares Mangan
EDTA-Fe	EDTA - extrahierbares Eisen

Ca Kat	Austauschbares Kalzium
Mg Kat	Austauschbares Magnesium
K Kat	Austauschbares Kalium
Na Kat	Austauschbares Natrium

Cu Kupfer	Ni Nickel	Hg Quecksilber
Zn Zink	Co Kobalt	As Arsen
Pb Blei	Mo Molybdän	
Cr Chrom	Cd Cadmium	

HCB	Hexachlorbenzol
PAH's, PAH	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Konzentrationsangaben:

ppm	„part per million“, z. B.: mg/kg (Milligramm pro Kilogramm)
ppb	„part per billion“, z. B.: µg/kg (Mikrogramm pro Kilogramm)

Literatur

Erläuterungen zur Bodenkarte 1: 25.000 der Österreichische Bodenkartierung.

Richtlinien für sachgerechte Düngung - 6. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 2006.

Bodenzustandsinventur - Konzeption, Durchführung und Bewertung - Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich - 2. Auflage, Blum / Spiegel / Wenzel, 1996.

Bodenschutzkonzeption - Bodenzustandsanalyse und Konzepte für den Bodenschutz in Österreich, Blum / Wenzel, 1989.

Lehrbuch der Bodenkunde - 11. Auflage, Scheffer / Schachtschabel, 1984.

Metalle in der Umwelt, Ernest Merian, 1984.

Steirische Bodenschutzberichte 1988 - 2007.

Niederösterreichische Bodenzustandsinventur, 1994.

Oberösterreichischer Bodenkataster - Bodenzustandsinventur 1993.

Bodenzustandsinventur Kärnten, 1999.

Diverse ÖNORMEN des Österreichischen Normungsinstitutes.

Klaghofer E.: Bodenabtrag durch Wasser - Aus der Forschungs- und Versuchstätigkeit der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, 1987.

Klaghofer E.: Bodenerosion - Bodenschutz in Österreich, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, 1997.

Mayer K.: Bodenerosion im Tertiärhügelland der Steiermark, Dissertation an der Universität für Bodenkultur Wien, 1998.

Gosch C., Madler G., Mörth O.: Ermittlung erosionsgefährdeter Gebiete der Kleinregion Feldbach - Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung (LBD-Regionalplanung, Fachabteilung Ia, Fachabteilung IIIa, Abt. für Wissenschaft und Forschung), 1993.

Wischmeier W.H., Smith D. D.: Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning, USDA, Agricultural Handbook, No. 537, 1978.

Die verwendeten Grafik-Clips wurden den Programmen „Clipart“, „Masterclips“ und „ClickART“ entnommen.

IMPRESSUM

Herausgegeben von:

FA10B - Landwirtschaftliches Versuchszentrum
Ragnitzstrasse 193, 8047 Graz
Fachabteilungsleiter Hofrat Dipl. Ing. Josef Pusterhofer

Redaktion, Layout und Inhalt:

FA10B - Landwirtschaftliches Versuchszentrum
Referat Boden- und Pflanzenanalytik
Mag. Dr. Wolfgang Krainer

Druck:

A2- Zentrale Dienste

