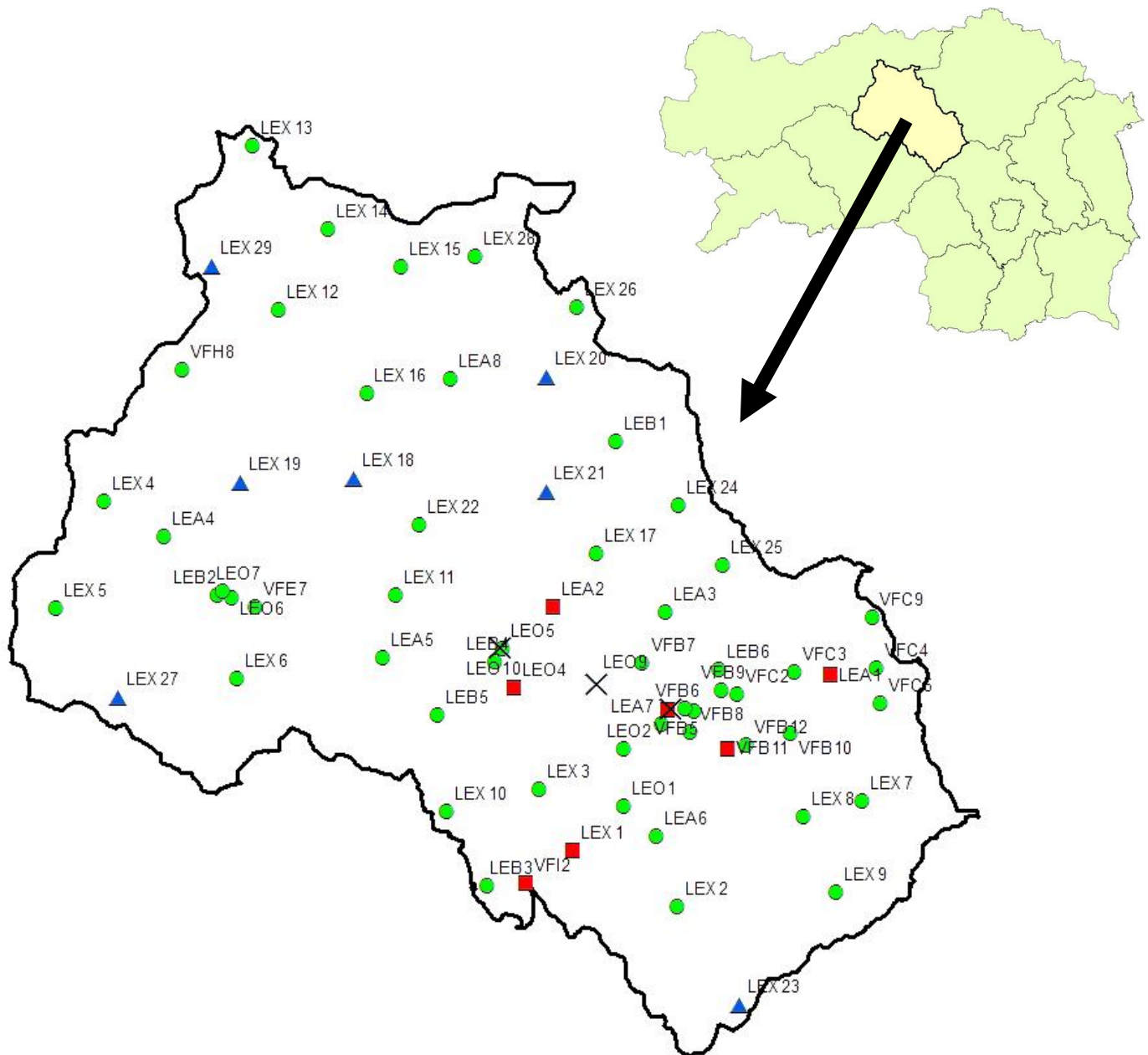


Bodenzustandsinventur Bezirk Leoben

Bodenschutz-
bericht

2013



Das Land
Steiermark

Amt der Steiermärkischen Landesregierung

A10 Land- und Forstwirtschaft, Boden- und Pflanzenanalytik



VORWORT

Der Boden als eine der wichtigsten Lebensressourcen



Ein guter Boden bedeutet Wachstum und Leben. Deshalb gilt es, diese wichtige Lebensressource mit größter Sorgfalt zu nutzen und zu pflegen. Jede Bewirtschaftung, aber auch jede „Nicht-Bewirtschaftung“ kann den Zustand des Bodens wesentlich verändern. Damit wir auf etwaige Veränderungen rasch reagieren und die richtigen Schritte setzen können, bedarf es eines exakten Überblickes über den momentanen Zustand unserer heimischen Böden.

Der vorliegende Bodenschutzbericht 2013 präsentiert die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Leoben und erörtert in bewährter Weise die gegebene Nährstoffversorgungs- und Schadstoffbelastungssituation der landwirtschaftlich genutzten Böden.

Erst durch diese detaillierte Bestandsaufnahme wird es uns möglich, gezielte Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherung unserer Lebensgrundlage „Boden“ zu setzen. Zudem bilden die Untersuchungsergebnisse eine fundierte Basis für die Überwachung etwaiger Bodenveränderungen, welche in Form einer Bodendauerbeobachtung bereits durchgeführt wird.

Landesrat Johann Seiting
Landesrat für Land- und Forstwirtschaft,
Wasser- und Abfallwirtschaft, Wohnbau und Nachhaltigkeit

Inhaltsangabe

	Seite
<u>Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Leoben</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	58
Zink	59
Blei	60
Chrom	61
Nickel	62
Kobalt	63
Molybdän	64
Cadmium	65
Quecksilber	66
Arsen	67
Untersuchung von Pflanzenproben	68
Organische Schadstoffe	71
Die chlorierten Kohlenwasserstoffe HCB, Lindan + DDT	71
Die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe	73
Triazin - Rückstände	76
Bodenbelastungen durch die eisenverarbeitende Industrie	77
Suszeptibilitäts-Messungen im Raum Eisenerz - Vordernberg	79
Bodenbelastungen im Bereich des Hartsteinbruches Preg	81
Historische Kupferbergbaue (Radmer an der Hasel und Kalwang-Teichenbachgraben)	83
Erläuterung der Abkürzungen	85
Literatur	86
Impressum	87

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Leoben:

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 der A10 Land- und Forstwirtschaft in den Jahren 1986 bis 2006 **1.000 Untersuchungsstandorte** in der Steiermark eingerichtet (**69 davon im Bezirk Leoben**) 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 Leoben.

Untersuchungsergebnisse:

Allgemeine Bodenparameter:

Der **Humusgehalt** der Böden ist an allen untersuchten Standorten in Ordnung.

pH-Wert oder **Säuregrad**: Der Prozentsatz der als „sauer“ eingestuften Böden im Bezirk Leoben ist deutlich niedriger (28 %) als jener der landesweiten Bodenzustandsinventur (37 %). Der Säuregrad ist an den meisten Untersuchungsstandorten in Ordnung.

Nährstoffe, Spurenelemente und das wasserlösliche Fluor:

Phosphor und **Kalium**: Beim Kalium sind 45 % der untersuchten Standorte ausreichend versorgt, 25 % der Böden liegen in den Gehaltsklassen „hoch“ und „sehr hoch“.

Beim Phosphor hingegen wurde an 80 % der Untersuchungsstellen ein Nährstoffmangel festgestellt. Zur Korrektur des Nährstoffangebotes im Boden landwirtschaftlich genutzter Flächen 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 Leoben 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: 91 % der untersuchten Standorte liegen im mittleren Gehaltsbereich. Vier Böden von Grünlandstandorten sind „niedrig“ versorgt. Düngemaßnahmen sind aber nur im Falle einer Kultivierung von borbedürftigen Pflanzen in Erwägung zu ziehen und im Bezirk Leoben kein Thema.

Die pflanzenverfügbaren Spurenelemente Kupfer, Zink, Mangan und Eisen:

Die Gehalte dieser Spurennährstoffe in den untersuchten Böden im Bezirk Leoben stimmen tendenziell mit den Ergebnissen der landesweiten Bodenzustandsinventur überein, bloß beim Zink sind im Einflussbereich der Emissionen aus der Schwerindustrie (Raum Donawitz) erhöhte Gehalte feststellbar. Negative Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion an diesen Standorten sind derzeit nicht bekannt.

Die austauschbaren Kationen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium:

Die Nährstoffbilanz der im Bezirk Leoben landwirtschaftlich genutzten Böden ist zufriedenstellend. Nur an einem ackerbaulich genutzten Standort sind die Kationensumme und (damit zusammenhängend) der Säuregrad niedrig, sodass hier eine Gesundungskalkung ratsam ist.

Das wasserlösliche Fluor: Erhöhte Fluorgehalte (über 1,2 mg/kg) sind entweder ein Indiz für Immissionen aus industriellen Prozessen, oder für einen Eintrag über Verunreinigungen in Düngemitteln. Die Böden im Bezirk Leoben sind auf Grund der industriellen Einflüsse häufiger belastet als der landesweite Durchschnitt.

Schwermetalle:

Der Bezirk Leoben weist bei allen Schwermetallen außer Chrom höhere Durchschnittsgehalte auf als bei der landesweiten Bodenzustandsinventur. Grund sind einerseits der naturgegebene geogene Anteil an erziehen Gesteinen, andererseits Einträge aus der Schwerindustrie.

An 51 von 69 untersuchten Standorten wurden Überschreitungen der Normalwerte festgestellt. An Standorten wo die gesetzlichen Grenzwerte überschritten wurden sind entsprechend der gesetzlichen Vorgabe **Pflanzenproben** untersucht worden, wobei fallweise die Orientierungswerte für Schwermetalle in Pflanzen überschritten wurden. Es kommt aber zu keinen Überschreitungen der in der Futtermittelverordnung festgelegten Höchstwerte. Zudem sind, um die bisherigen Einzelergebnisse abzusichern, weitere Pflanzenuntersuchungen in Arbeit.

Organische Schadstoffe:

In den untersuchten Böden des Bezirks Leoben waren, abgesehen von vernachlässigbaren Spuren, keine **HCB-** oder **Lindan-Rückstände** nachzuweisen.

DDT-Rückstände, welche aus der ehemaligen Anwendung des Pestizids stammen, sind an zwei Grünlandstandorten feststellbar.

Belastungen mit **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** sind ein Hinweis auf Schadstoffeinträge aus Verbrennungsprozessen. Im Bezirk Leoben liegen die Schadstoffrückstände an 81 % der untersuchten Standorte im normalen Bereich ubiquitärer Belastung. Belastete Standorte findet man meist im Einflussbereich der Donawitzer Schwerindustrie.

Atrazin-Rückstände (Unkrautvernichtungsmittel) waren in den Böden des Bezirkes Leoben nur an drei der sieben untersuchten Ackerstandorte nachzuweisen. Sie stammen aus der Zeit, als die Anwendung von Atrazin noch erlaubt war und wurden im Laufe der Jahre abgebaut. Im Zuge der nachfolgenden Bodendauerbeobachtung sind keine Rückstände mehr nachweisbar.

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 derzeit in Arbeit befindliche **Bodendauerbeobachtung** wurde in Form von Kontrollen im Zehn-Jahresabstand bereits 1996 begonnen. Erste Aussagen über Trends und Ergebnisse sind nach zwei bis drei Untersuchungsdekaden zu erwarten. Dazu liegt heute schon ein Großteil des zur Auswertung benötigten Proben- und Datenmaterials vor und es wird bei konsequenter Weiterführung bis spätestens 2026 eine erstmalige Erfassung von mittelfristigen Bodenveränderungen hinsichtlich Nährstoffversorgung und Schadstoffbelastung der steirischen Böden vorliegen.

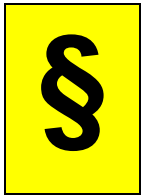
Folgende wichtige Fragestellungen des Bodenschutzes werden dabei behandelt:

- **Humusverarmung** und **Bodenversauerung** an ackerbaulich genutzten Flächen.
- **Nährstoffverarmung** und **Überdüngung** von landwirtschaftlich genutzten Flächen.
- Finden weiterhin **Schadstoffeinträge von Schwermetallen** statt und
- kommt es zu einer für Mensch, Tier und Pflanzen gefährdenden **Mobilisierung**?
- Wie ist der Trend (Zu- oder Abnahme) der Bodengehalte für die **organischen Schadstoffe** (chlorierte und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)?

Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Leoben

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.

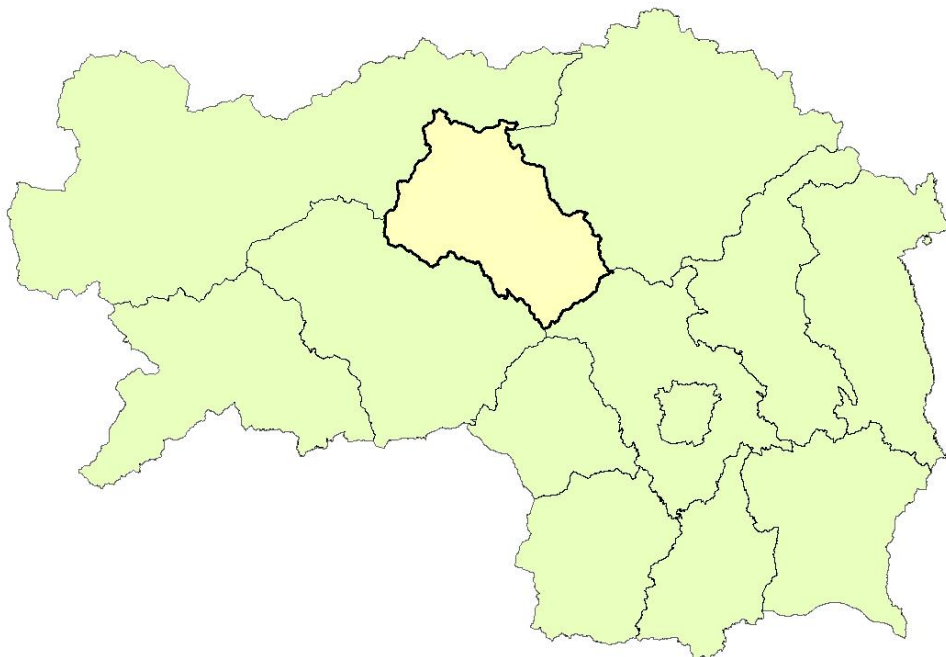


Der gesetzliche Auftrag dazu erfolgte 1987 durch das **Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzgesetz** (LGBl. Nr. 66 / 1987) und die **Bodenschutzprogrammverordnung** (LGBl. Nr. 87 / 1987).

Im Bezirk Leoben wurden in den Jahren 1989 - 2003 **69 Untersuchungsstandorte** im 4 x 4 km Raster system, 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 von 29 Verdichtungsstandorte mit einfließen - zusammen und stellt so ein umfassendes Bild der Bodenzustandsinventur des Bezirks Leoben 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 Leoben ergaben sich 73 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 18 Rasterstandorten, welche es von der Bodenzustandsinventur zu erfassen galt. Vier Standorte davon fallen in nicht beprobbares Gelände, sodass letztlich **14 Rasterstandorte** untersucht wurden. Die Bodenprobennahmen an diesen Untersuchungsstellen wurden 1994 begonnen und im Jahre 1995 (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 nicht zulässig!

Nicht rasterstandorte:

In den Jahren 1989 – 2003 wurden zur Abklärung spezieller Fragestellungen und um die Lücken im Untersuchungsnetz, welche durch den Wegfall von Standorten (Wald, nicht beprobbares Gelände) entstanden sind zu schließen, **55 Nicht rasterstandorte** untersucht.

In Summe wurden im Bezirk Leoben 69 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 69 Untersuchungsstandorten im Bezirk Leoben **273 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 69 Untersuchungsstandorte:

Erstprobennahme	Standortbezeichnung	Anzahl der Standorte
1989	LEO 1-10	10
1994	LEA 1-8, LEB 1-6	14*
1997	VFB 5-12, VFC 2-5+9, VFE 7, VFH 8, VFI 2	16
2002	LEX 1-22	22
2003	LEX 23-29	7

* Rasterstandorte

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

Standortnutzung

Verteilung der Nutzungsformen im Bezirk Leoben:

Bodenfläche nach Nutzung in ha:

Jahr (abs.)	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen	Gesamtfläche**
1981	25.987,53	71.268,47	12.718,92	109.974,92
1991	24.760,56	72.186,86	13.031,35	109.978,77
2000	20.948,87	78.685,41	10.340,63	109.974,91
2011	20.024,94	79.172,92	10.717,91	109.915,77

* inkl. Gärten und Almen

** Flächenänderungen vermessungstechnisch bedingt.

Bodenfläche nach Nutzung (% - Anteil):

Jahr (%)	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen
1981	23,6	64,8	11,6
1991	22,5	65,6	11,9
2000	19,1	71,5	9,4
2011	18,3	72,0	9,7
Steiermark gesamt (2011)	32,7	57,3	10,0

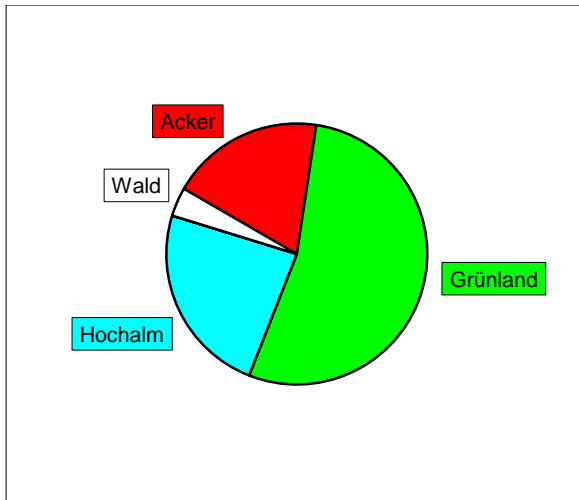
* inkl. Gärten und Almen

Derzeit werden etwa 18 % der Bezirksfläche von Leoben landwirtschaftlich genutzt, die forstwirtschaftlich genutzte Fläche liegt bei 72 %. Die sonstigen Flächen (ca. 10 %) betreffen Gewässer und verbaute Bereiche.

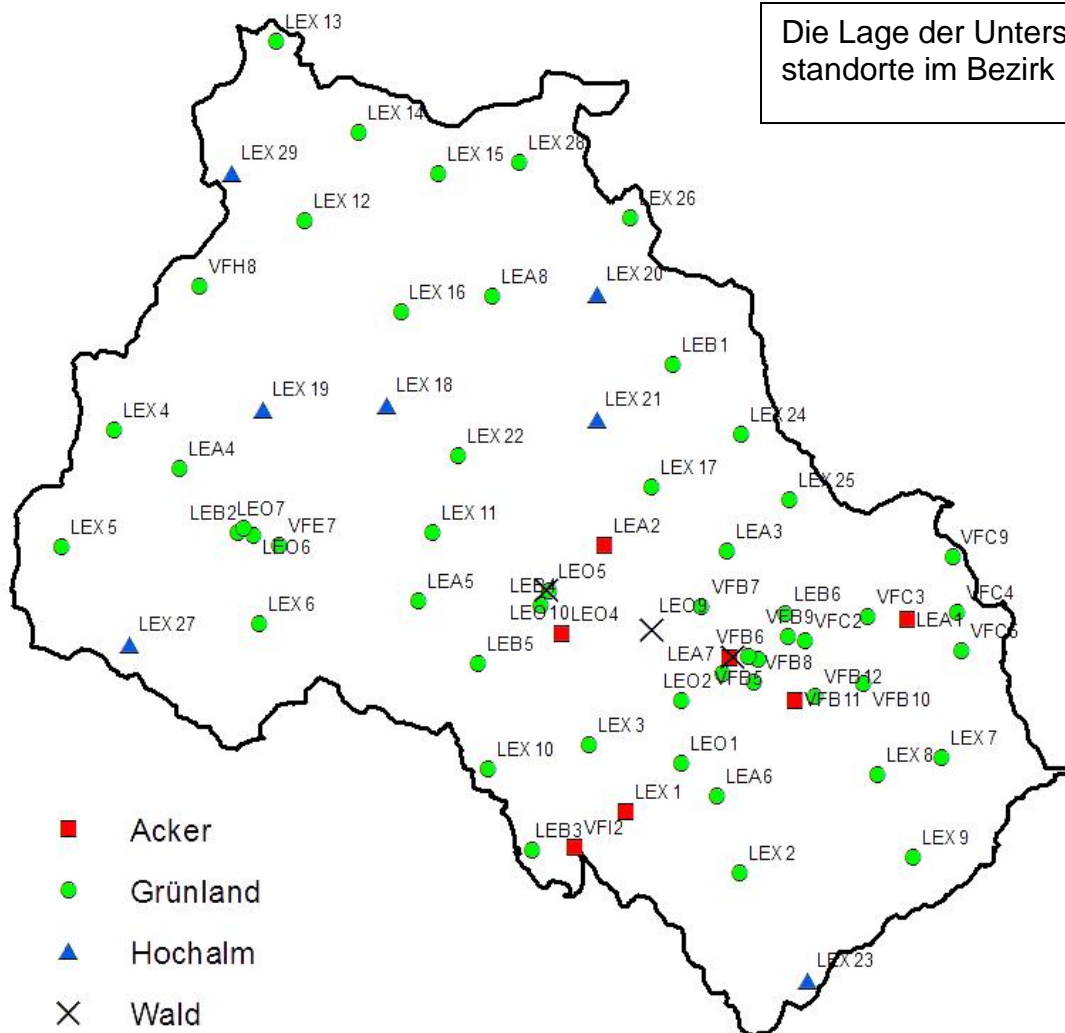
Aus dem zeitlichen Vergleich erkennt man, dass die landwirtschaftliche Nutzfläche zu Gunsten des Waldes ständig abnimmt.

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

Die landwirtschaftliche Nutzung an den Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes:



75 % Grünland (52 Standorte)
 10 % Acker (7 Standorte)
 10 % Hochalm (7 Standorte)
 4 % Wald (3 Standorte)

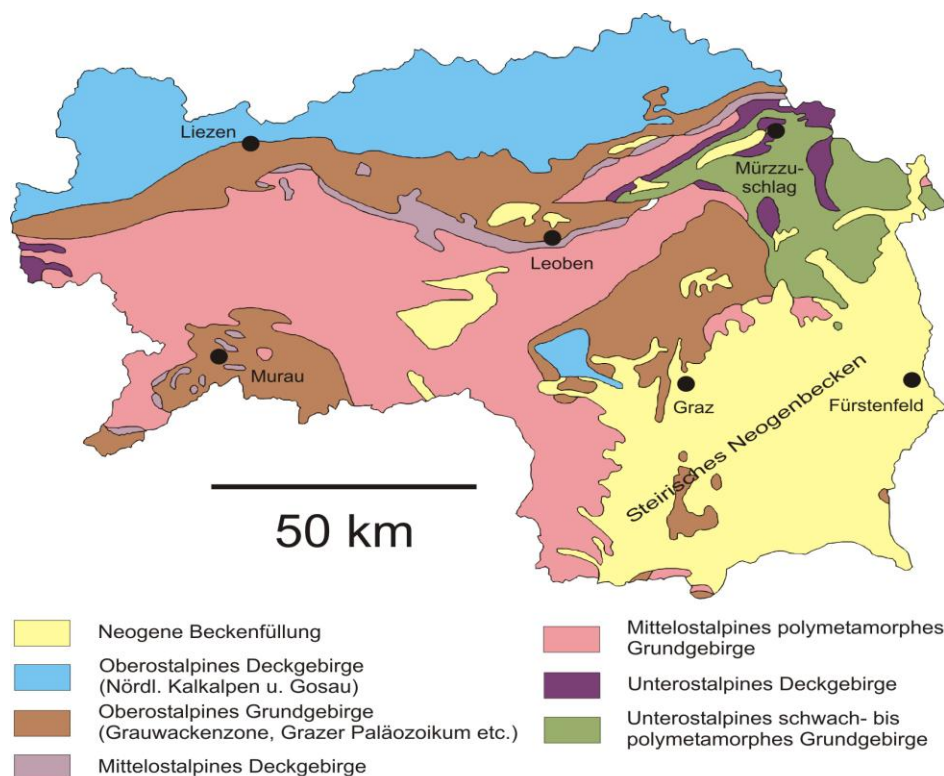


Folgende Standorte sind im Laufe der letzten Jahre ausgefallen und stehen für eine Bodendauerbeobachtung nicht mehr zur Verfügung:
LEO 8, LEO 9, LEO 10, VFC 4, VFI 2 und LEX 14.

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 Grogneis 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 erzählenden Ablagerungen des oberostalpinen Grundgebirges in das Paläozoikum (Erdaltertum) gestellt.

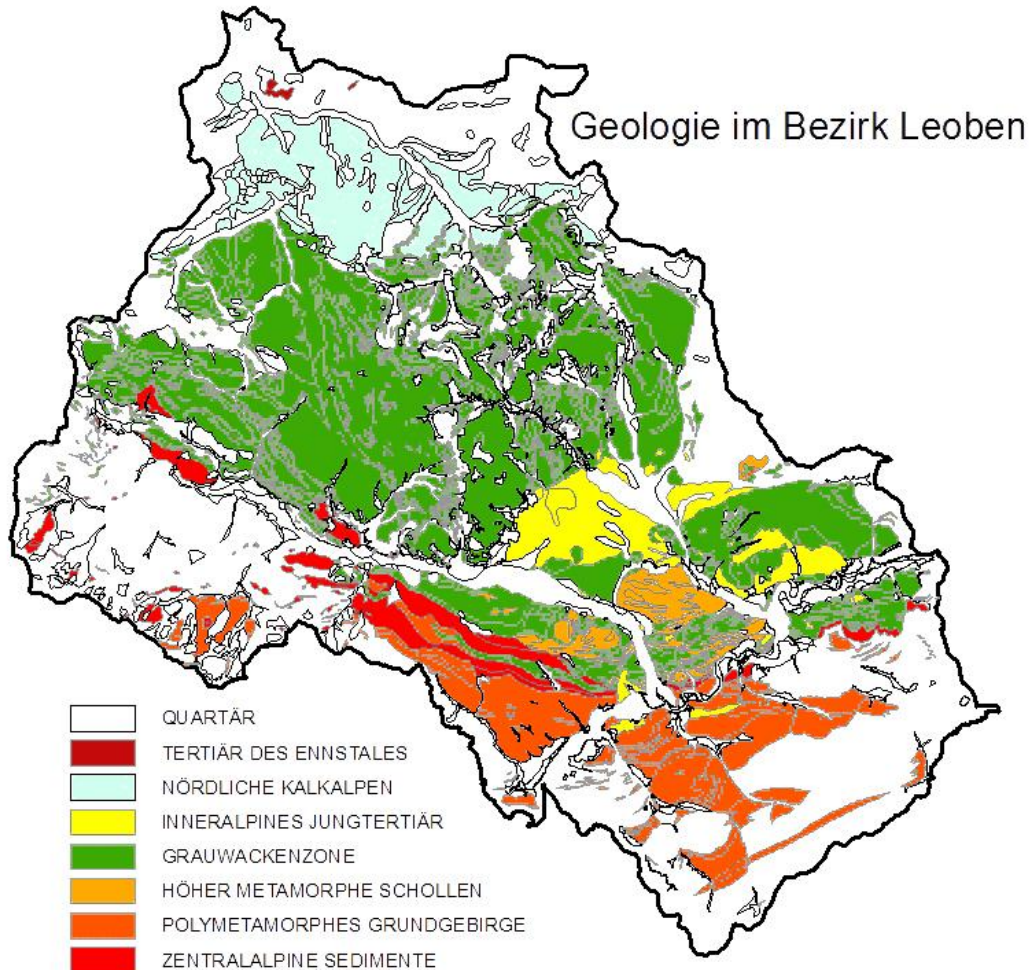
In der Süd- und Oststeiermark werden die bisher genannten Einheiten von Ablagerungsgesteinen aus der Erdneuzeit (Känozoikum) überlagert. Diese sedimentäre Entwicklung, in die auch Vulkangesteine eingeschaltet sind, dokumentiert eine wechselvolle Bildungsgeschichte im Steirischen Becken - eine Randbucht des Pannonischen Beckens am Ostrand des Alpenbogens. Seine nördliche und westliche Umrahmung bilden geologisch mannigfaltige Gesteine des Erdaltertums wie Kristallingesteine (Wechsel, Raabalpen, Muralpen, Koralmpe) 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 2,6 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)	2,6	Quartär	5,3	Pliozän	23,8	Neogen	23,8	Miozän	7,1	Pontium
	23,8	Neogen							23,8	Miozän
			13,6	Sarmatium						
			16,4	Badenium						
			17,3	Karpatium						
	18,0	Ottnangium								
65	Paläogen									
Mesozoikum (Erdmittelalter)	142	Kreide	<p>Geologische Zeittafel (in Millionen Jahren)</p> <p><u>Beitrag von:</u> Dr. Ingomar Fritz, Landesmuseum Joanneum – Geologie & Paläontologie, Graz</p>							
	205	Jura								
	250	Trias								
Paläozoikum (Erdaltertum)	290	Perm								
	354	Karbon								
	417	Devon								
	443	Silur								
	495	Ordovizium								
545	Kambrium									
Präkambrium	4600									



Karte: GIS

Die geologischen Großräume im Bezirk Leoben:

Quartär: In diesen Bereich fallen jene geologischen Ereignisse, welche sich in den letzten 2,6 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 2,6 - 65 Millionen Jahren (Paläogen + Neogen).

Die Gesteinsformationen des **mittel- und oberostalpinen Deckenstockwerkes** stammen aus wesentlich älteren geologischen Zeiträumen.

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.

Teilweise werden die Kalkalpen von **Werfener Schichten** unterlagert.

Paläozoikum: Dazu zählen geologische Formationen aus der Zeit des Erdaltertums von 250 - 545 Millionen Jahren. In der Steiermark handelt es sich um die Gebiete des Voitsberger- und Grazer Paläozoikums, sowie kleinerer Bereiche im Sausal.

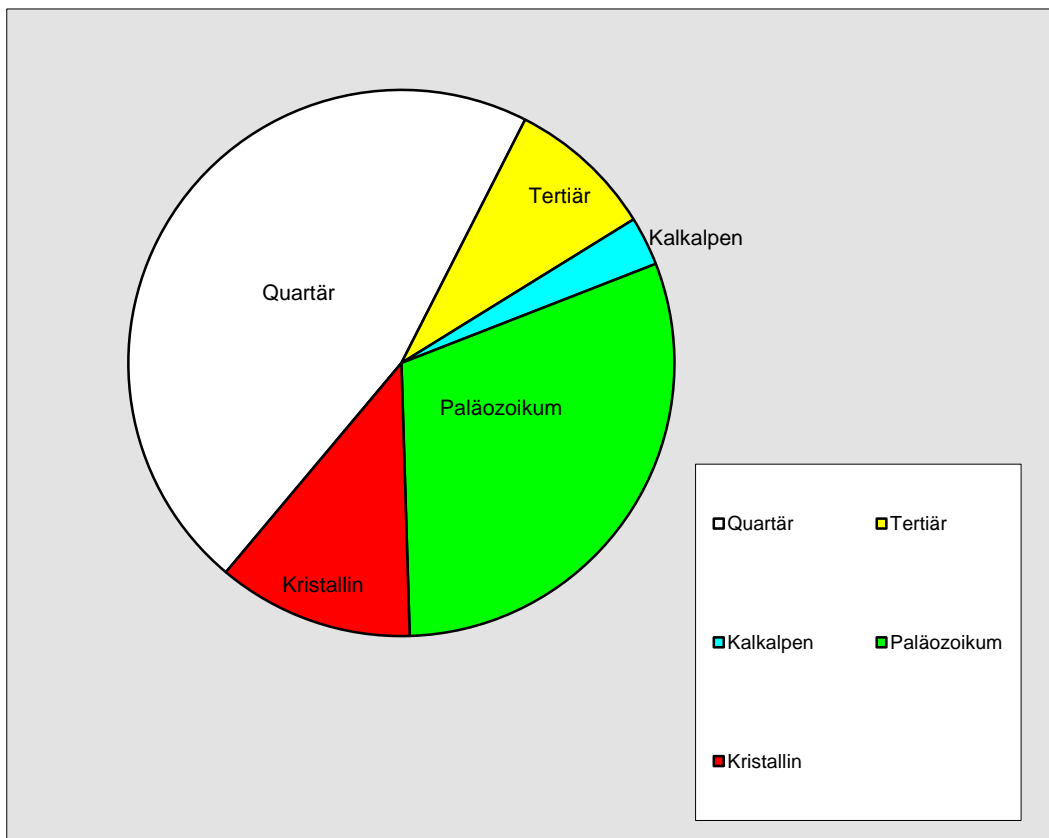
Ebenfalls aus diesem Zeitraum stammt die **Grauwackenzone** (GWZ). Ihre Gesteine sind sehr erzeich und sie erstreckt sich im Wesentlichen im Bereich zwischen den Kalkalpen und dem kristallinen Großraum.

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

Die Verteilung der 69 Standorte des Bodenschutzprogrammes hinsichtlich der geologischen Großräume:

Geologischer Großraum	Standortbezeichnung	Anzahl Standorte
Quartär	LEA 1, 3 + 6, LEB 2, LEO 1, 2, 4, 6 + 7, LEX 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 + LEX 16, 17, 20, 22, 26 + 27, VFB 11, VFC 4, 7 + 8, VFI 2	32
Tertiär	LEA 2, LEB 4, VFB 7 + 12, VFC 2 + 3	6
Kalkalpen	LEX 28 + 29	2
Paläozoikum	LEA 4, 5 + 8, LEB 1, 5 + 6, LEO 5, 9 + 10, LEX 4, 20, 21, 24 + 25, VFB 4, 5, 8, 9 + 10, VFC 5 + 9	21
Kristallin	LEA 7, LEB 3, LEO 3 + 8, LEX 5, 6, 18 + 23	8

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 Auedynamik (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.

Staunasse 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 Staunässe 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, Reliktpseudogley 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)

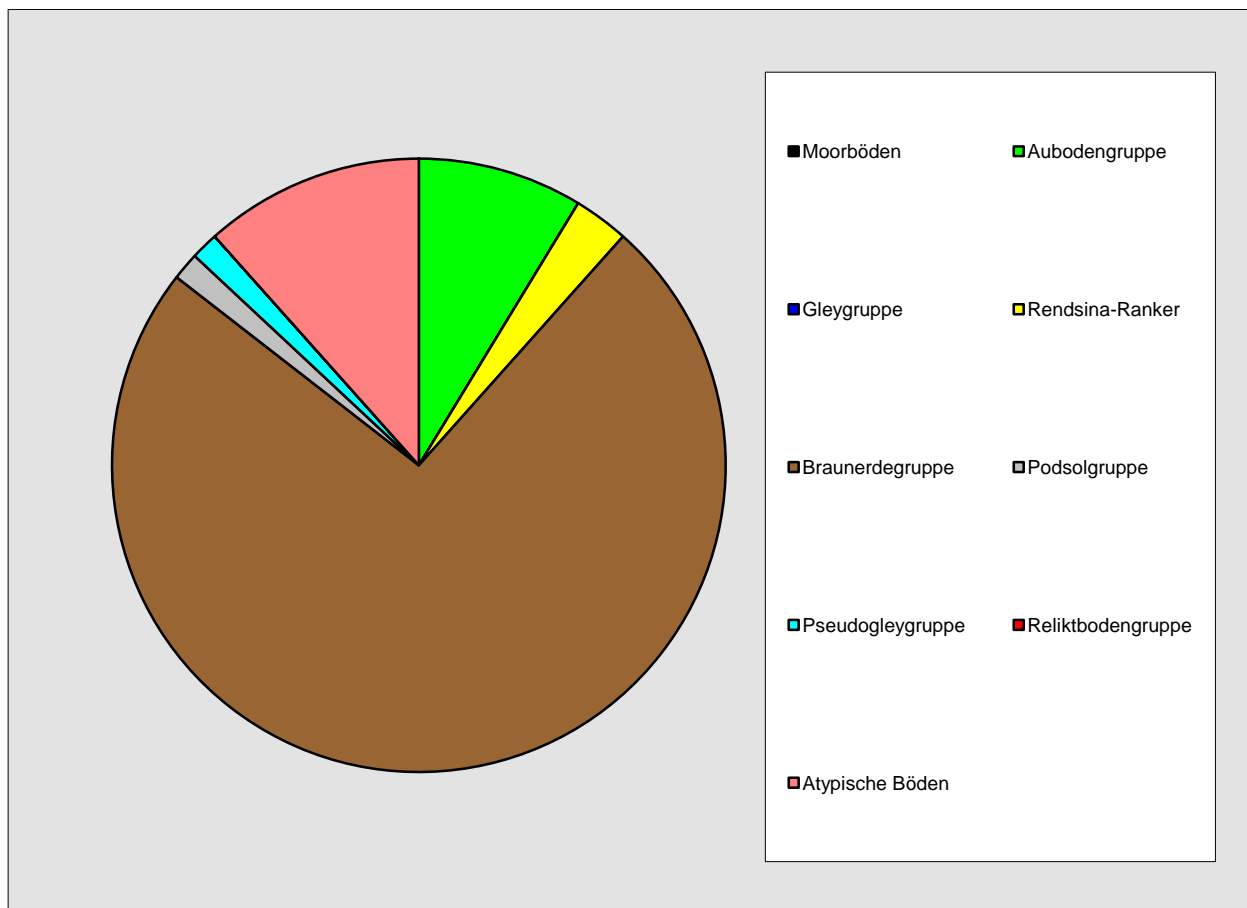
Quelle: Niederösterreichische Bodenzustandsinventur 1994.



Bodenprofil (vergleyete Lockersediment-Braunerde mit deutlicher Pflugsohle)

Die Verteilung der Bodentypengruppen der vom Bodenschutzprogramm erfassten Standorte:

Bodentypen	Standorte im Bodenschutzprogramm	
	Bezeichnung	Anzahl
Moorböden	---	0
Aubodengruppe	LEA 1 + 6, LEO 1 + 6, VFH 8, VFI 2	6
Gleygruppe	---	0
Rendsina – Ranker	LEX 28, VFB 10	2
Braunerdegruppe	Alle übrigen Standorte.	51
Podsol	LEX 27	1
Pseudogleygruppe	VFB 7	1
Reliktbodengruppe	---	0
Atypische Böden	LEA 4, LEB 2 + 5, LEX 3 + 9, VFB 8, VFC 5, VFE 7	8



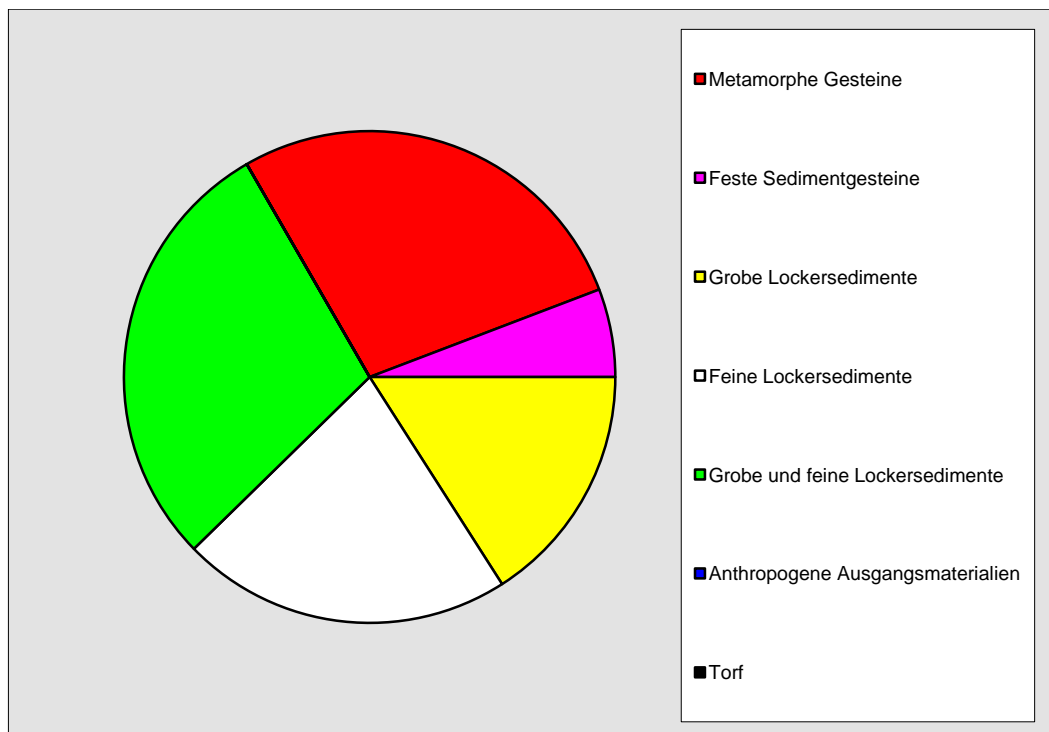
Verteilung der untersuchten Standorte des Bodenschutzprogrammes

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	LEA 4, 5 + 7, LEB 3 + 5, LEX 4, 5, 6, 18, 21, 23, 24 + 25, VFB 5, 6, 8, 9 + 10, VFC 9	19
Feste Sedimentgesteine	LEX 8, 20, 28 + 29,	4
Grobe Lockersedimente	LEA 8, LEB 1 + 6, LEO 3, 5, 8, 9 + 10, LEX 15 + 27, VFC 5	11
Feine Lockersedimente	LEA 1 + 6, LEO 1 + 6, LEX 7, 9, 10, 12, 14, 16 + 17, VFB 12, VFC 3, VFE 7, VFI 2	15
Feine und grobe Lockersedimente	Alle übrigen Standorte.	20
Anthropogene Ausgangsmaterialien	---	0
Torf	---	0

Das bodenbildende Ausgangsmaterial der im Bezirk Leoben untersuchten Standorte besteht aus metamorphen Gesteinen, Lockersedimenten und einem Standort mit anthropogenen Ausgangsmaterialien (Holzkohle).



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**:

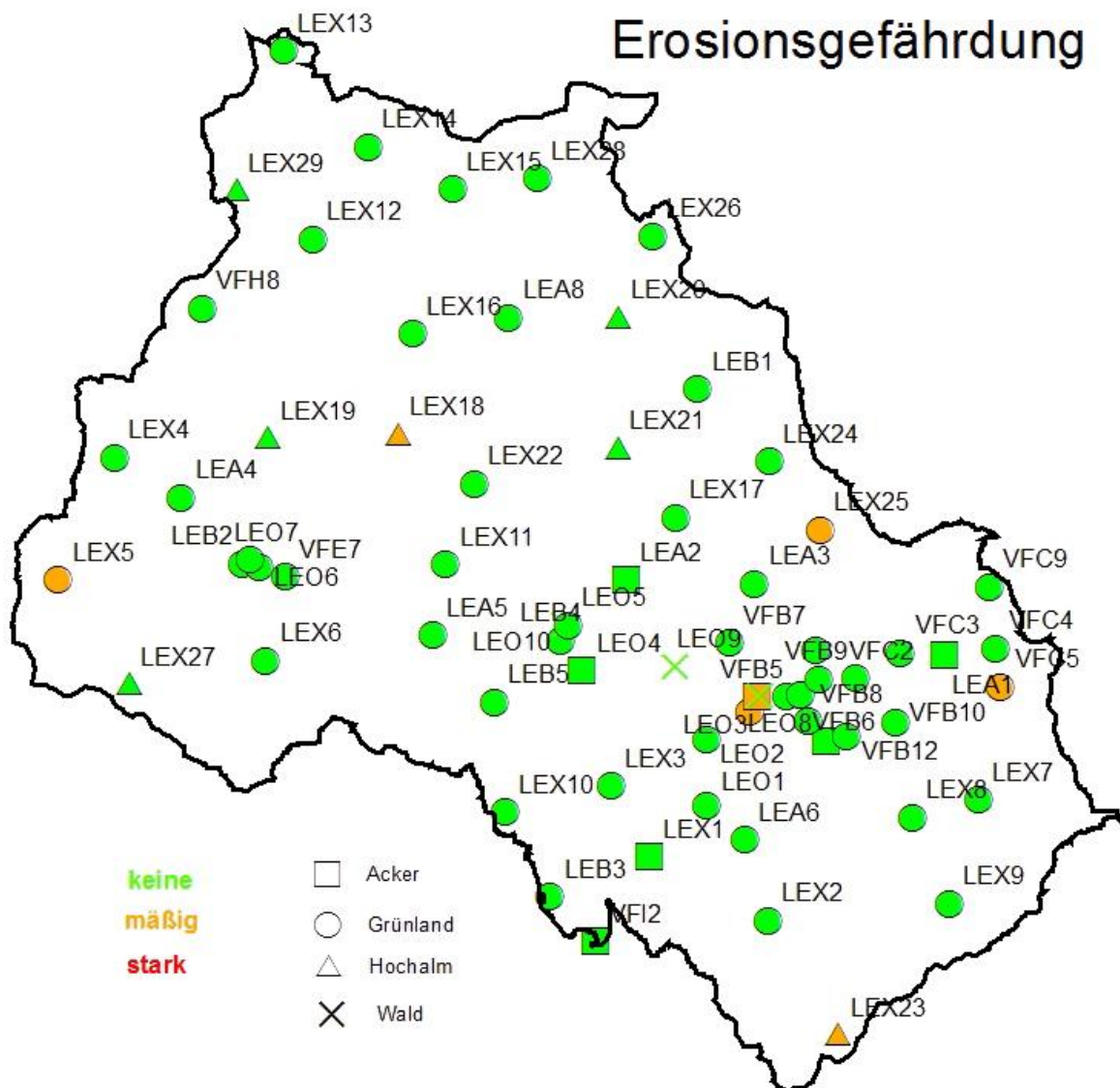
Erosionsgefährdung:	stark	mäßig	keine
Acker	> 10°	5 - 10°	0 - 4°
Wald	---	≥ 25°	0 - 24°
Grünland, Obstanlagen	---	≥ 20°	0 - 19°
Weinanlagen	---	≥ 10°	0 - 9°

Keiner der Untersuchungsstandorte ist als **stark** erosionsgefährdet eingestuft.

Von den 69 Untersuchungsstellen des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Leoben sind nach dieser groben Abschätzung nur 7 Standorte **mäßig** erosionsgefährdet (LEA 7, LEO 3, LEX 5, 18, 23 + 25, VFC 5).

An den restlichen 62 Untersuchungsstandorten besteht **keine** Gefahr von Erosion.

Die Erosionsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Leoben:



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 Roterträgen 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
- Beeinträchtigt 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):

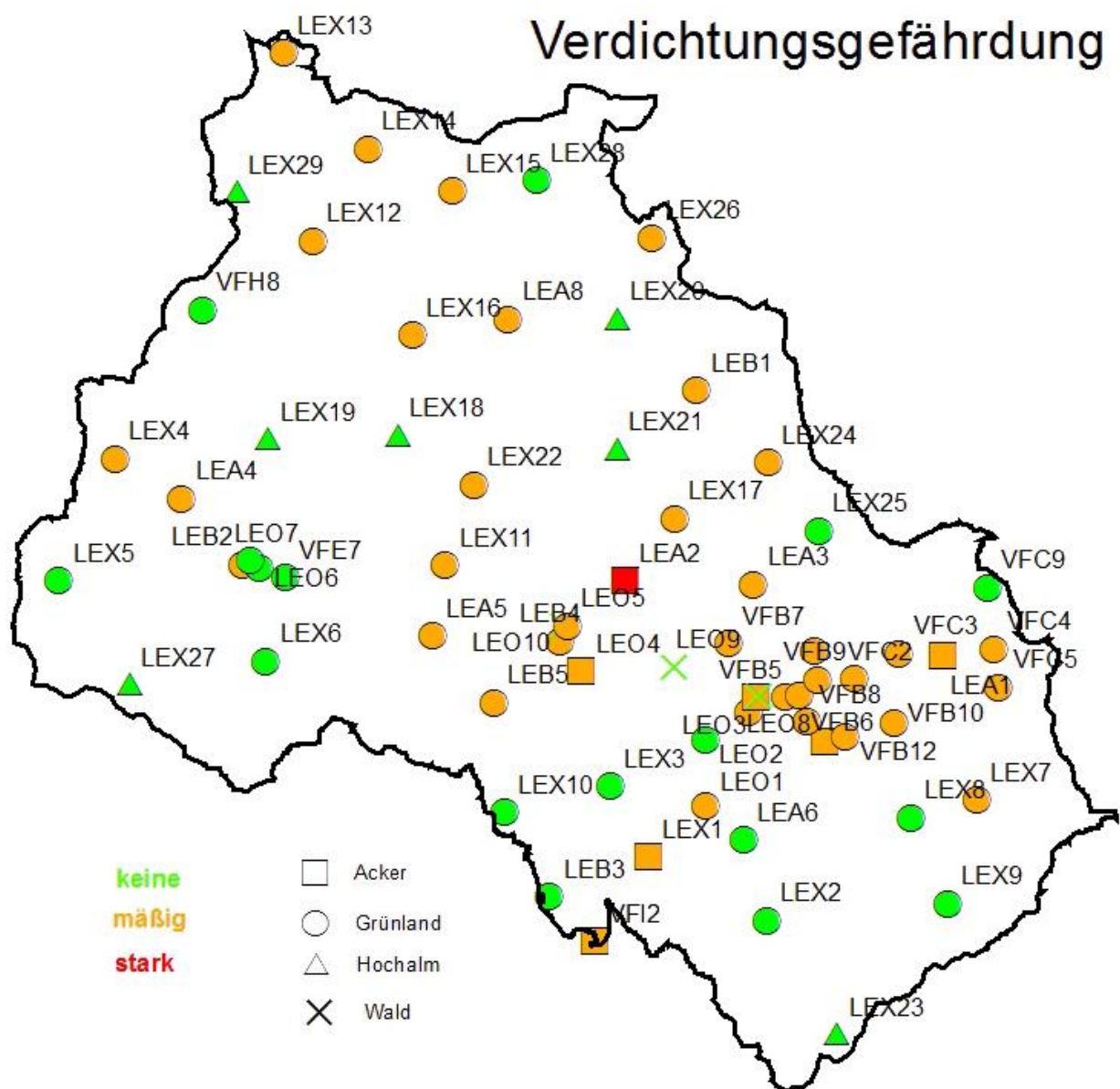
Gefahr von Bodenverdichtung:	stark	mäßig	keine
Acker	mittlere und schwere Böden	leichte Böden	---
Grünland	---	mittlere und schwere Böden	leichte Böden
Sonderkulturen	---	alle	---

Von den 69 Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Leoben ist nach dieser groben Abschätzung nur der Ackerstandort **LEA 2 stark** verdichtungsgefährdet.

41 Standorte sind als **mäßig** gefährdet einzustufen und

27 der untersuchten Standorte weisen **keine** Verdichtungsgefährdung auf.

Die Verdichtungsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Leoben:



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 Landtag Steiermark jährlich ein Bodenschutzbericht zur Kenntnis gebracht.

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 Umwelteinflüssen 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
2010	Bezirke Graz und Graz-Umgebung
2011	Bezirk Mürzzuschlag
2012	Bezirk Murtal
2013	Bezirk Leoben

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)
- Diskussion ausgewählter Bodenparameter in der Steiermark
- Schwermetalle in Pflanzen.
- Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung

Alle Bodenschutzberichte ab 1998 sind als pdf-File im Internet unter <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10215574/2998692/> 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, luftgetrockneten 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 (Erst- und Folgeuntersuchung) 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 \pm 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 (Leoben)	Mediangehalte (Steiermark)	Vertrauensbereich (geschätzt)
Sand	%	28,00	35,00	2,10*
Schluff	%	54,00	48,00	2,94*
Ton	%	18,00	16,00	2,35*
Humus	%	7,45	6,15	0,95
P2O5	mg/100g	4,01	6,00	3,14
K2O	mg/100g	13,00	16,00	5,97
pH-Wert	---	5,30	5,43	0,24
CaCO ₃ > 0	%	0,20	0,20	0,09
CaKat	mg/100g	273,00	242,50	37,88
MgKat	mg/100g	28,00	24,00	5,46
KKat	mg/100g	8,97	12,00	5,37
NaKat	mg/100g	1,49	1,20	0,50
Mg	mg/100g	19,05	17,00	3,45
Bor	mg/kg	0,75	0,38	0,30
EDTA-Cu	mg/kg	7,00	5,30	1,01
EDTA-Zn	mg/kg	12,90	7,45	2,43
EDTA-Mn	mg/kg	461,00	299,50	56,36
EDTA-Fe	mg/kg	687,00	538,25	128,81
Fluor	mg/kg	0,53	0,49	0,15
Cu	mg/kg	28,25	25,13	3,49
Zn	mg/kg	110,24	94,95	11,73
Pb	mg/kg	34,40	27,44	4,06
Cr	mg/kg	36,75	39,93	5,86
Ni	mg/kg	30,15	26,35	3,33
Co	mg/kg	13,50	12,70	1,66
Mo	mg/kg	1,33	0,89	0,13
Cd	mg/kg	0,33	0,28	0,06
Hg	mg/kg	0,23	0,13	0,04
As	mg/kg	17,35	11,55	1,70
PAH-Summe	µg/kg	111,50	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 Leoben, sowie die geschätzten Vertrauensbereiche beim Mediangehalt der Steiermark.

Die Abweichungen der Durchschnittsgehalte der Böden im Bezirk Leoben von jenen der Steiermark sind Großteils auf geogene Ursachen, nutzungsbedingte Unterschiede (höherer Grünlandanteil), oder den Einfluss der Schwerindustrie zurückzuführen. Auf Details wird in der folgenden Diskussion der Parameter näher eingegangen.

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 Bodenschutzprogramm-Verordnung 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%

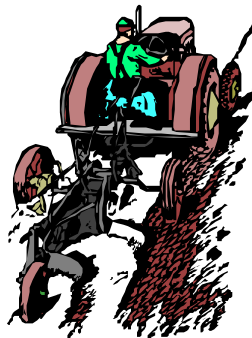
„Mittlerer“ Boden: Tongehalt: 15 - 25 %

„Leichter“ Boden: Tongehalt: < 15%

Böden mit einem hohen Tonanteil besitzen eine große Filterkapazität, was für das Bindevormögen 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:

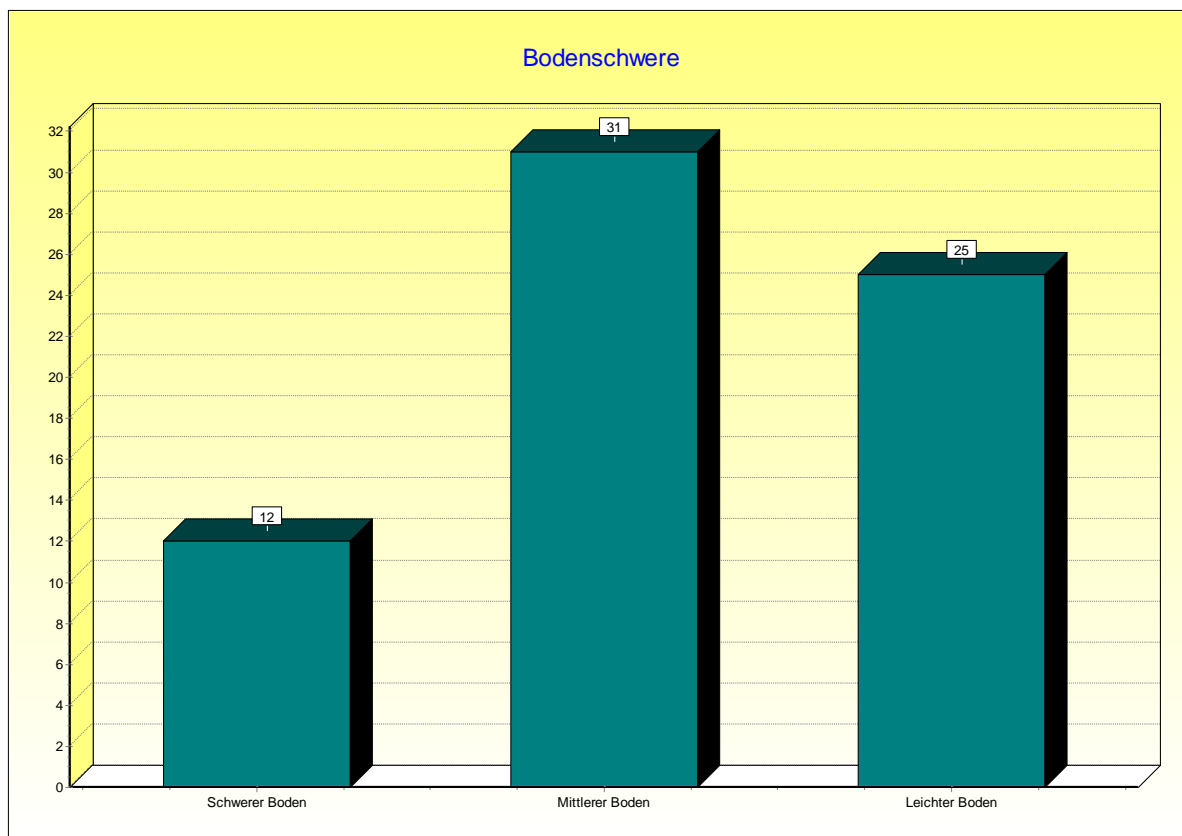
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen der **Bodenschwere** im Bezirk Leoben:

Bodenschwere	Anzahl Standorte		
	„schwer“	„mittel“	„leicht“
Grünland	8	27	16
Acker	1	-	6
Hochalm	2	3	2
Wald	1	1	1
Alle Standorte in LE in %	18 %	46 %	37 %
Steiermark in %	13 %	45 %	42 %

→ Die Verteilung der Bodenschwere im Bezirk Leoben in den drei Bewertungsklassen weist gegenüber dem Landesschnitt einen höheren Anteil an schweren Böden auf. Im Gegenzug dazu findet man weniger leichte Böden.

Ein Grünlandstandort (**LEX 9**) konnte nicht untersucht werden, da sein Humusgehalt über 15 % liegt.

12 Standorte sind dem speziellen Bodentyp eines **Lehmbodens** mit einem Tongehalt zwischen 25 und 40 % zuzuordnen. Lehmböden weisen ungefähr gleiche Anteile aller drei Korngrößenfraktionen auf und sind bei gutem Bodengefüge ein günstiger Kompromiss hinsichtlich Filterkapazität, Bindevermögen und Bearbeitbarkeit.



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 Nassoxydation).

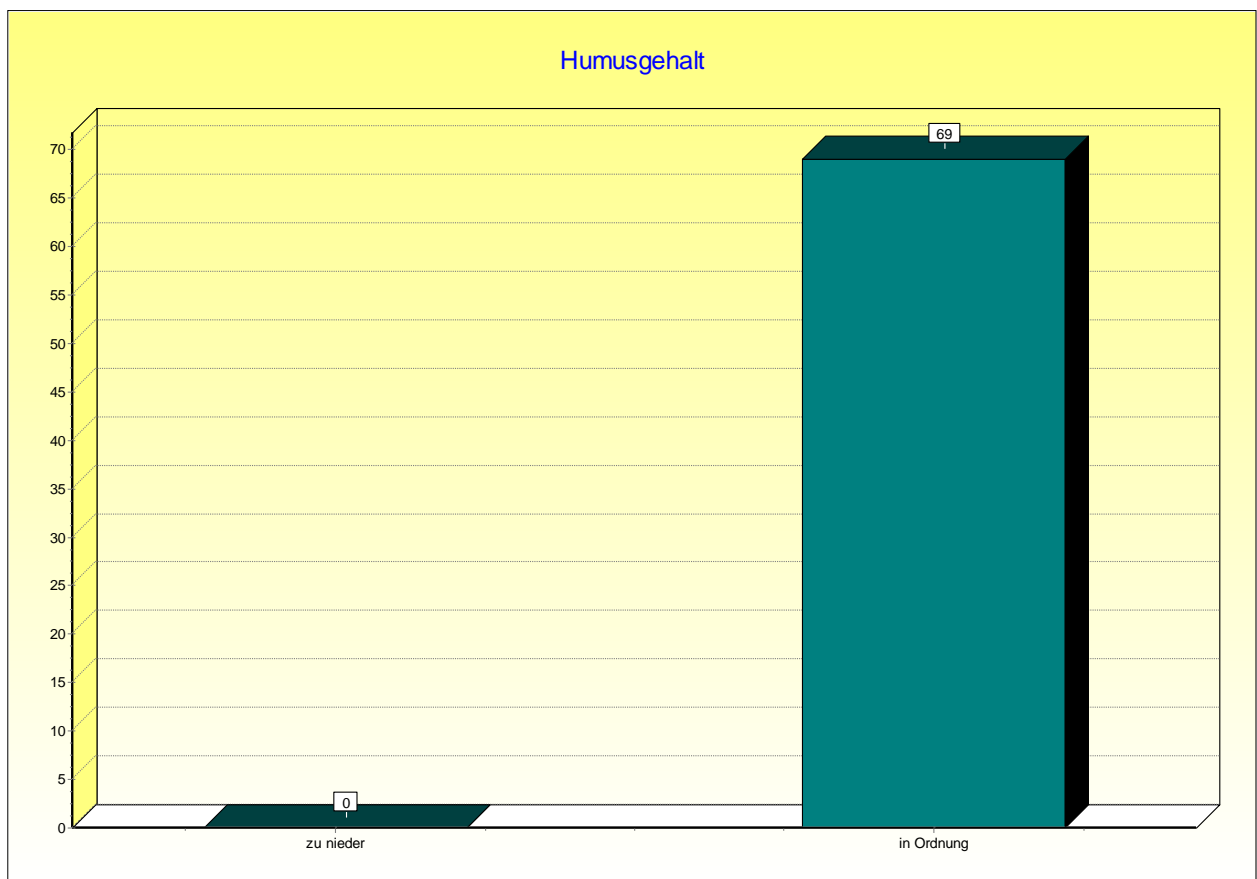
Untersuchungsergebnisse:

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

Anzahl Standorte		
Humusgehalt	„zu nieder“	„in Ordnung“
Grünland	-	52
Acker	-	7
Hochalm	-	7
Wald	-	3
Alle Standorte in LE in %	0 %	100 %
Steiermark in %	2 %	98 %

→ Der Humusgehalt aller im Bezirk Leoben untersuchten Böden ist in Ordnung.

Die mögliche Veränderung des Humusgehaltes an ackerbaulich genutzten Flächen wird durch die in Arbeit befindliche Bodendauerbeobachtung untersucht.



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. Die sauersten Böden findet man daher auf Hochalmen und Waldstandorten mit kalkfreiem bodenbildenden Ausgangsmaterial.

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.

Um auch den Säuregrad von Hochalm- und Waldstandorten einschätzen zu können, wurde ihr anzustrebender Säuregrad dem von Grünland gleichgesetzt.

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 Leoben:

Säuregrad*	Anzahl Standorte		
	„sauer“	„in Ordnung“	„basisch“
Grünland	10	33	9
Acker	1	4	2
Hochalm	5	2	-
Wald	3	-	-
Alle Standorte in LE in %	28 %	57 %	16 %
Steiermark in %	37 %	45 %	18 %

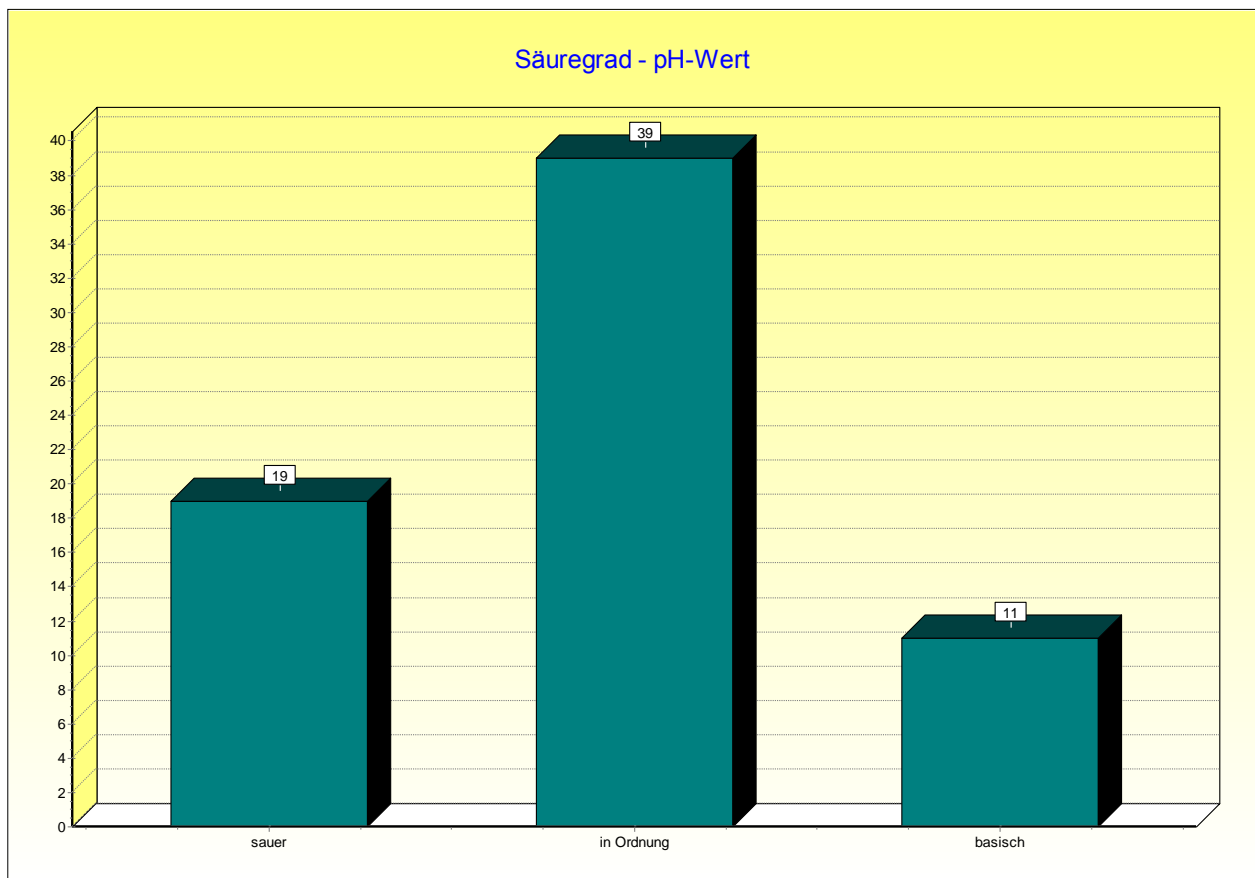
* „sauer“: Der anzustrebende Säuregrad ist nicht erreicht (Boden zu sauer).

„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 Leoben ist verglichen mit der landesweiten Bodenzustandsinventur deutlich niedriger. Der überwiegende Anteil erreicht oder übersteigt den anzustrebenden Säuregrad.

Die Problematik **Bodenversauerung** wird durch die in Arbeit befindliche Bodendauerbeobachtung beobachtet.



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 niedrigere pH-Werte. Um dem zu entgegen 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).

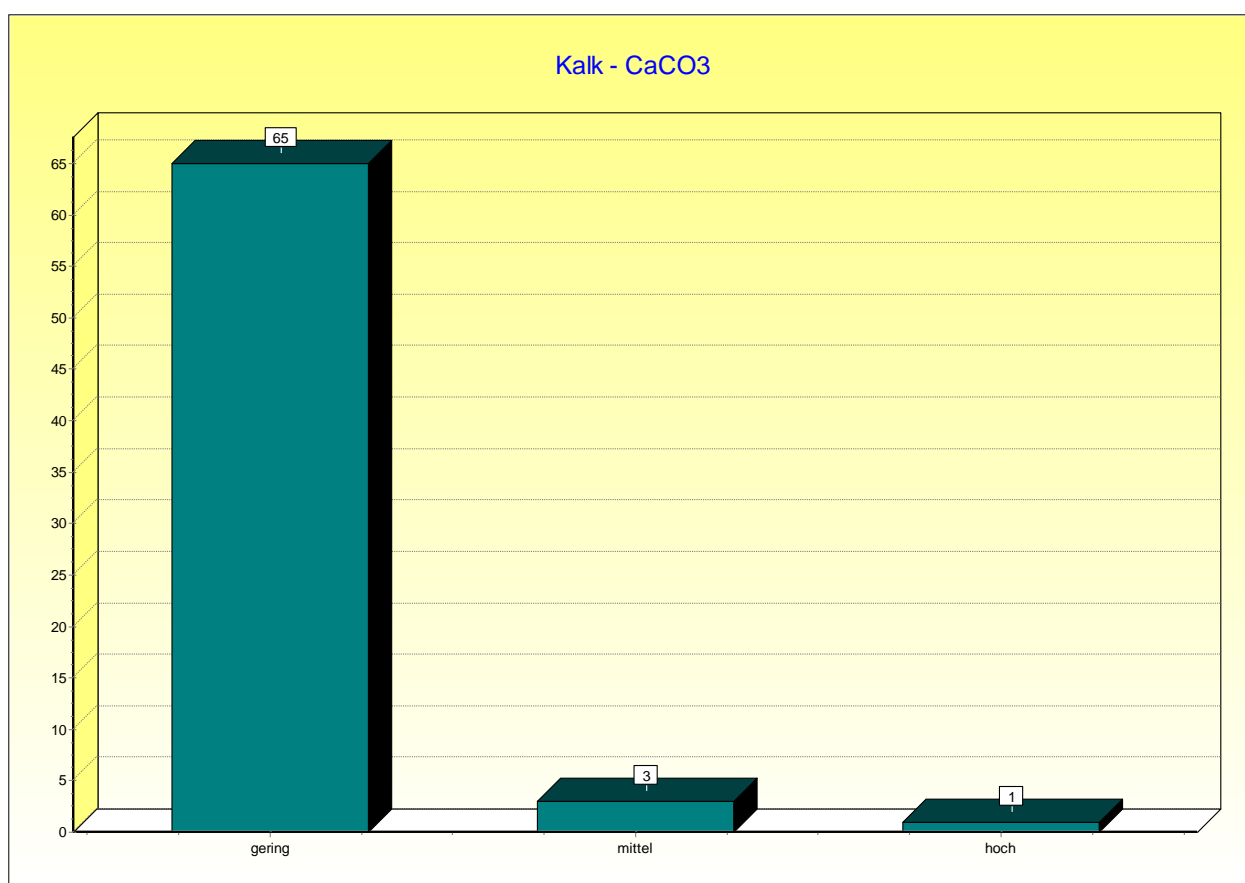
Untersuchungsergebnisse:

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

Kalkgehalt	Anzahl Standorte		
	„gering“	„mittel“	„hoch“
Grünland	49	2	1
Acker	6	1	-
Hochalm	7	-	-
Wald	3	-	-
Alle Standorte in LE in %	94 %	4 %	1 %
Steiermark in %	88 %	5 %	7 %

→ Fast alle Flächen im Bezirk Leoben sind kalkfrei oder weisen minimale Kalkgehalte unter 1 % auf. Drei Untersuchungsstellen (**LEA 2**, **VFB 7** und **LEX 16**) liegen in der mittleren Gehaltsstufe. Der Grünlandstandort **LEX 28** hat im Oberboden (0-5 cm) einen Kalkgehalt von ca. 74 %, darunter besteht der Boden fast ausschließlich aus kalkigem Schwemmmaterial.

An den kalkarmen Ackerflächen sind fallweise **Gesundungs- bzw. Erhaltungskalkungen** zu empfehlen.



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 dem Referat Boden- und Pflanzenanalytik 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

Um auch die Nährstoffversorgung von Hochalm- und Waldstandorten einschätzen zu können, wurden ihre Gehaltsklassen denen von Grünland gleichgesetzt.

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:

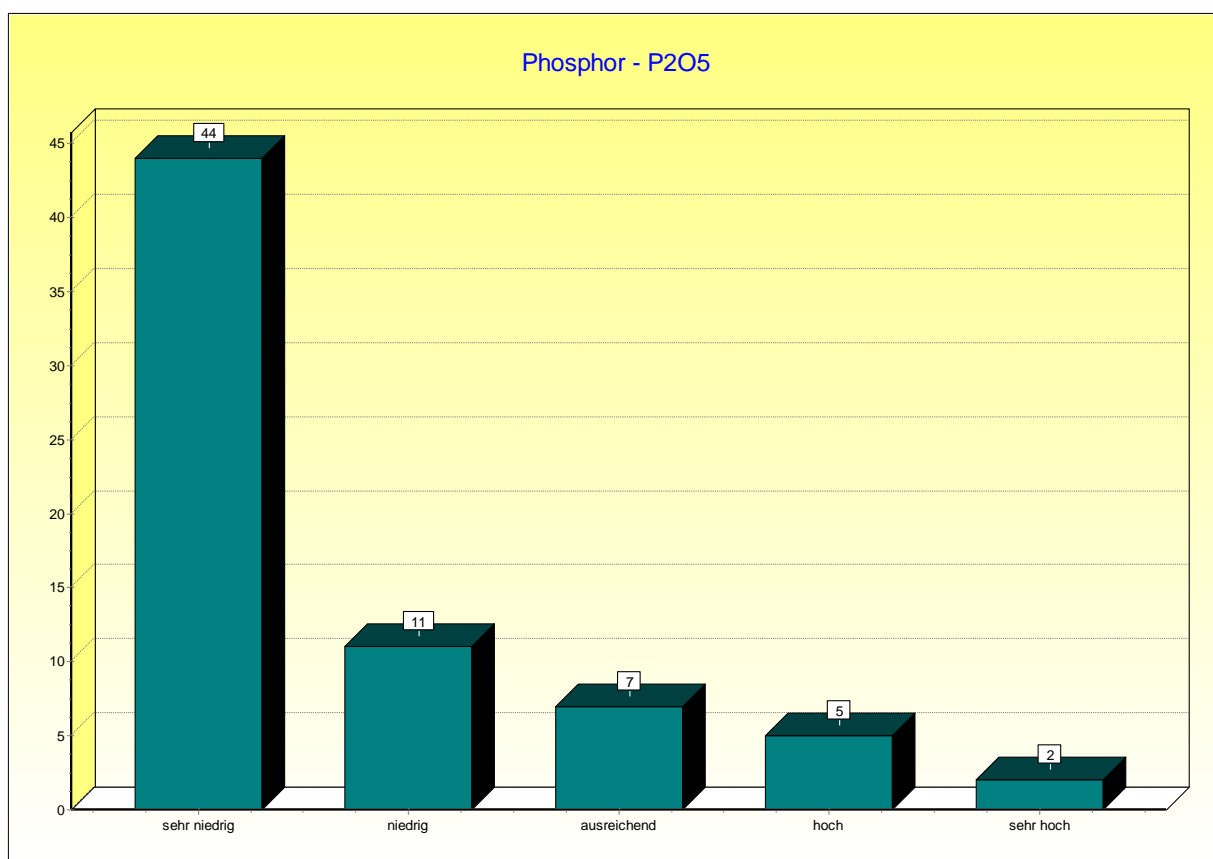
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Phosphorgehaltes** im Bezirk Leoben:

Phosphorgehalt	Anzahl Standorte				
	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	33	10	5	3	1
Acker	3	-	2	1	1
Hochalm	6	-	-	1	-
Wald	2	1	-	-	-
Alle Standorte in LE in %	64 %	16 %	10 %	7 %	3 %
Steiermark in %	47 %	22 %	18 %	11 %	2 %

→ Die Phosphorversorgung der Böden im Bezirk Leoben ist im Vergleich zum landesweiten Durchschnitt deutlich niedriger. 80 % der untersuchten Standorte weisen niedrige bzw. sehr niedrige Gehalte auf.

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

Inwieweit im Zeitraum von 2-3 Jahrzehnten eine weitere Verarmung von pflanzenverfügbarem Phosphor in landwirtschaftlich genutzten Böden eintritt, bzw. an überversorgten Flächen eine Normalisierung der Gehalte stattfindet, wird durch die in Arbeit befindliche Bodendauerbeobachtung untersucht.



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 dem Referat Boden- und Pflanzenanalytik.

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

Um auch die Nährstoffversorgung von Hochalm- und Waldstandorten einschätzen zu können, wurden ihre Gehaltsklassen denen von Grünland gleichgesetzt.

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:

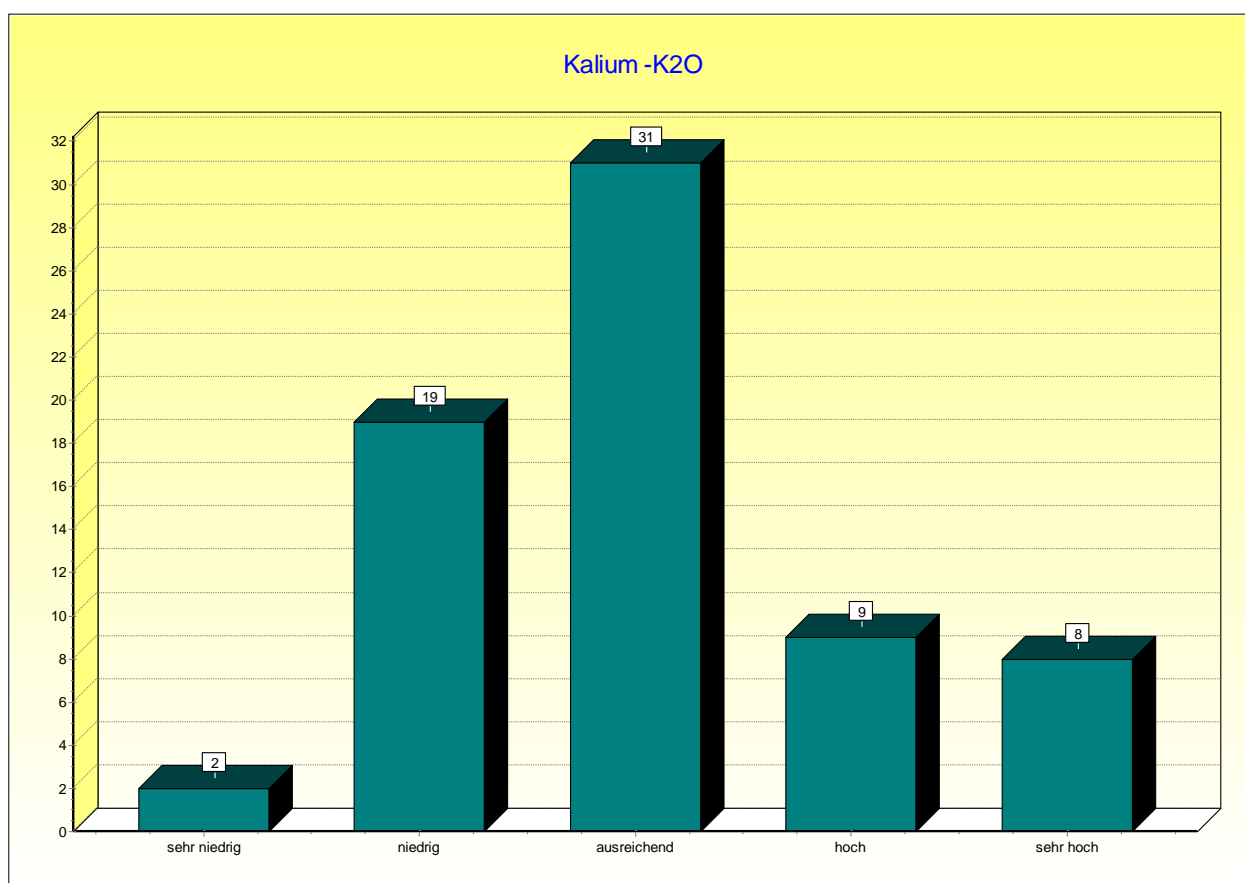
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Kaliumgehaltes** im Bezirk Leoben:

Kaliumgehalt	Anzahl Standorte				
	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	1	15	24	7	5
Acker	1	1	1	1	3
Hochalm	-	1	5	1	-
Wald	-	2	1	-	-
Alle Standorte in LE in %	3 %	28 %	45 %	13 %	12 %
Steiermark in %	3 %	18 %	47 %	23 %	9 %

→ Die Kaliversorgung der Böden im Bezirk Leoben weist häufiger hoch versorgte Flächen auf, als der Landesdurchschnitt.

Kaliummangel ist - wie generell in der Steiermark - deutlich seltener als Phosphormangel.

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 mehr als 80 % 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

Um auch die Nährstoffversorgung von Hochalm- und Waldstandorten einschätzen zu können, wurden ihre Gehaltsklassen denen von Grünland gleichgesetzt.

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

Untersuchungsergebnisse:

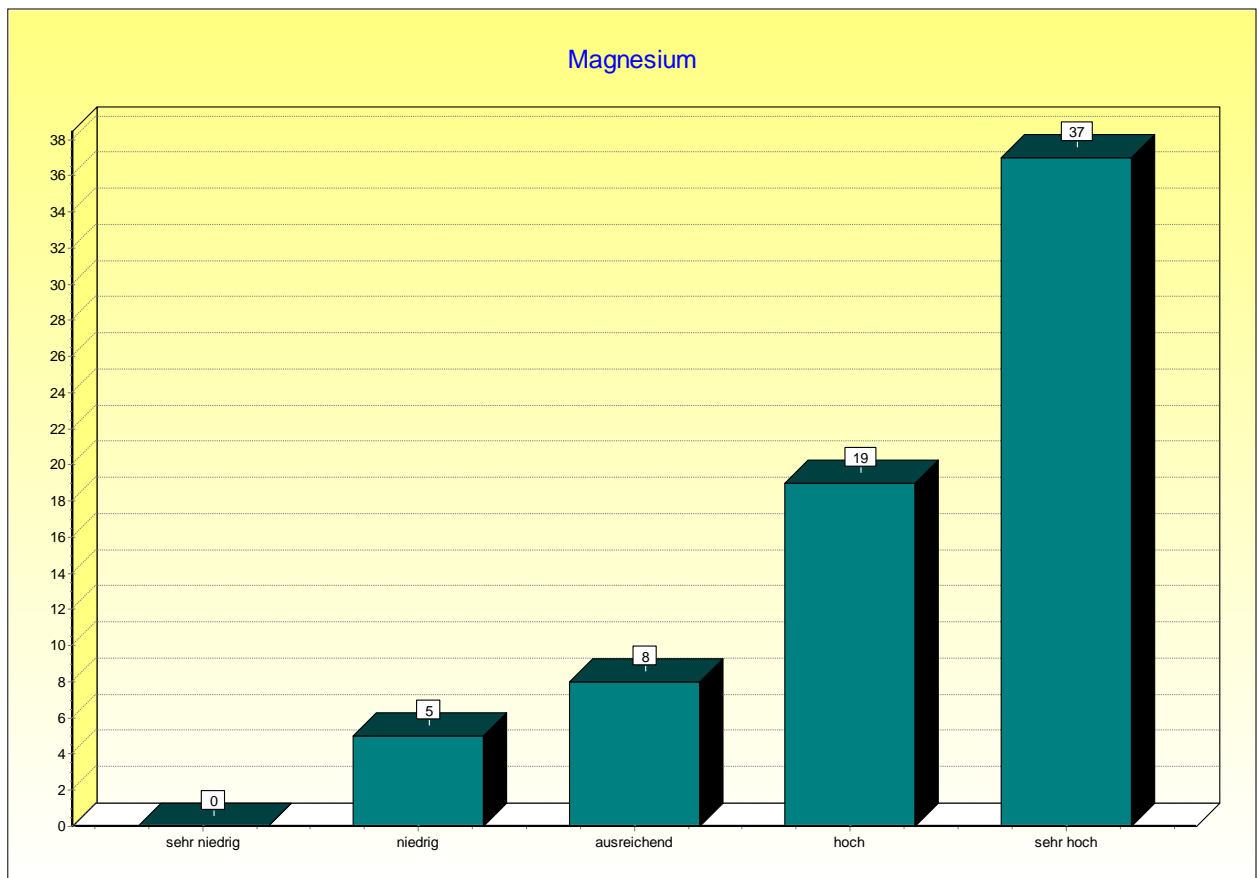
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Magnesiumgehaltes** im Bezirk Leoben:

Anzahl Standorte

Magnesiumgehalt	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	-	1	5	13	33
Acker	-	-	1	2	4
Hochalm	-	2	2	3	-
Wald	-	2	-	1	-
Alle Standorte in LE in %	0 %	7 %	12 %	28 %	54 %
Steiermark in %	0 %	3 %	14 %	36 %	47 %

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

Negative Auswirkungen einer Magnesium-Übersversorgung 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:

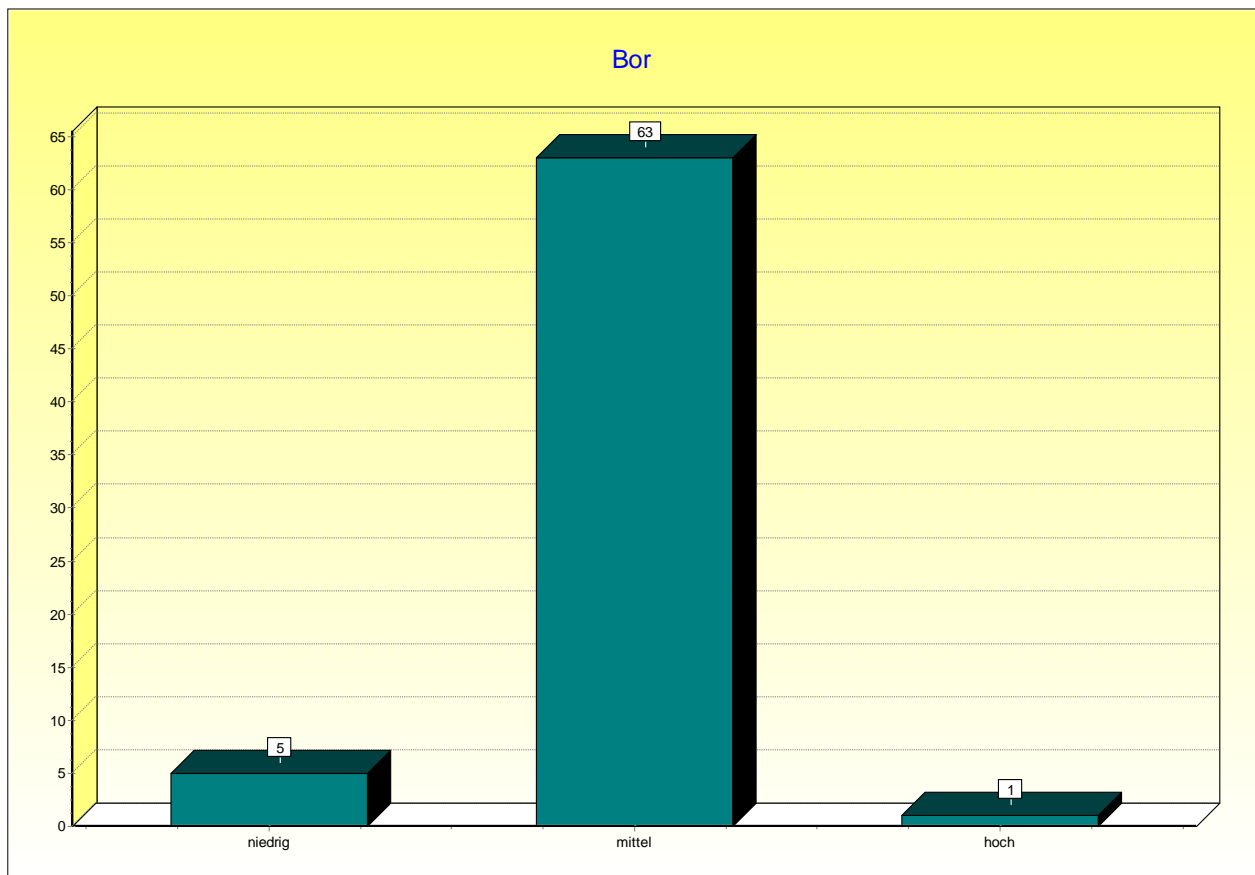
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Borgehaltes** im Bezirk Leoben:

Borgehalt	Anzahl Standorte		
	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	4	47	1
Acker	-	7	-
Hochalm	-	7	-
Wald	1	2	-
Alle Standorte in LE in %	7 %	91 %	1 %
Steiermark in %	22 %	76 %	2 %

→ Die Borversorgung im Bezirk Leoben liegt wie bei der landesweiten Bodenzustandsinventur überwiegend in der mittleren Versorgungsklasse.

Niedrig versorgte Standorte sind nur im Fall einer ackerbaulichen Nutzung mit borbedürftigen Pflanzen problematisch.

Der Grünlandstandort **VFB 9** weist einen hohen Versorgungsgrad des Nährstoffes Bor auf.



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 Leoben:

Anzahl Standorte

EDTA-Cu	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	49	3
Acker	-	7	-
Hochalm	-	7	-
Wald	1	2	-
Alle Standorte in LE in %	1 %	94 %	4 %
Steiermark in %	3 %	94 %	3 %

Anzahl Standorte

EDTA-Zn	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	37	15
Acker	-	7	-
Hochalm	-	6	1
Wald	-	3	-
Alle Standorte in LE in %	0 %	77 %	23 %
Steiermark in %	1 %	87 %	12 %

Anzahl Standorte

EDTA-Mn	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	7	45
Acker	-	1	6
Hochalm	-	1	6
Wald	-	2	1
Alle Standorte in LE in %	0 %	16 %	84 %
Steiermark in %	3 %	21 %	76 %

Anzahl Standorte

EDTA-Fe	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	-	52
Acker	-	3	4
Hochalm	-	-	7
Wald	-	-	3
Alle Standorte in LE in %	0 %	4 %	96 %
Steiermark in %	0 %	13 %	87 %

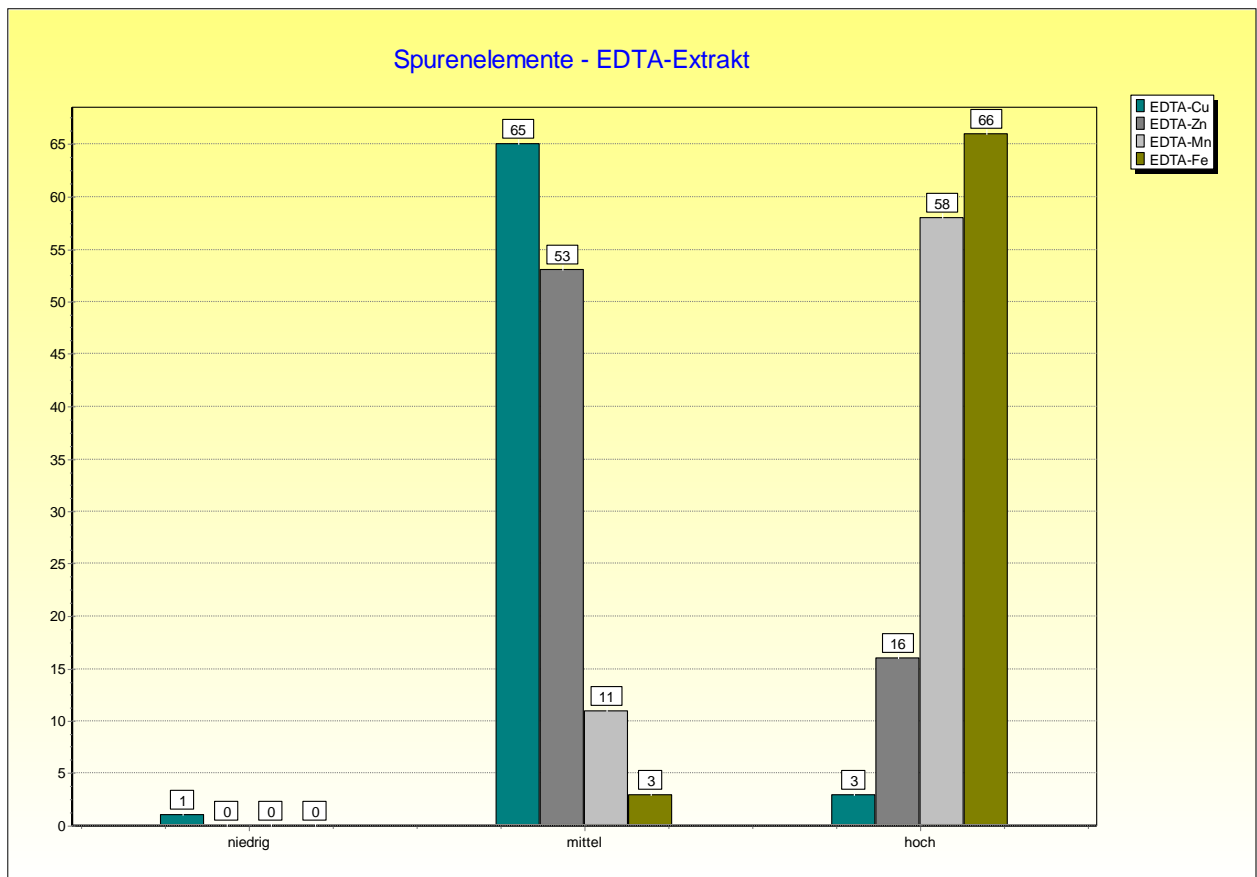
→ Die Spurenelementgehalte der im Bezirk Leoben untersuchten Standorte stimmen beim Kupfer sehr gut mit den Ergebnissen der landesweiten Bodenzustandsinventur überein, bei den Elementen Eisen, Mangan und vor allem Zink ist der Anteil an hochversorgten Böden auf Grund von Einträgen aus der Schwerindustrie größer.

Eine **Mangelversorgung** mit dem Spurenelement **Kupfer** findet man nur am Waldstandort **LEO 9**, sodass landwirtschaftliche Probleme ausgeschlossen werden können. Die Nährstoffverarmung dürfte auf den niedrigen pH-Wert des Bodens zurückzuführen sein.

Die **hohe Kupferversorgung** an den Grünlandstandorten **VFE 7**, **VFH 8** und **LEX 16** ist vermutlich auf die erhöhten Gehalte des bodenbildenden Ausgangsmaterials der Böden zurückzuführen (Schwemmmaterial in Nähe ehemaliger Bergbaustandorte).

Zehn von sechzehn Standorten mit **hohen Zinkgehalten** liegen in der Nähe von Donawitz und sind damit überwiegend auf Emissionen aus der Schwerindustrie zurückzuführen. Negative Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion an diesen Standorten sind derzeit nicht bekannt.

Die Gehalte der beiden Spurenelemente **Mangan** und **Eisen** liegen fast alle im mittleren und hohen Versorgungsbereich. Probleme durch eine Überversorgung mit diesen beiden Spurennährstoffen sind nicht bekannt.



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)

Die Summe der vier Kationen wird 100 % gesetzt.

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

Kalziumwerte unter 50 % können Ursache für eine schlechte Bodenstruktur sein. 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 Leoben weisen fast die Hälfte 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.

Das Zusammenspiel der **Magnesium- und Kaliumwerte** als Hinweis auf einen möglichen Magnesiummangel (Magnesiumwerte unter 10 % und gleichzeitig Kaliumwerte über 5 %) ist an den zwei Untersuchungsstandorten LEO 4 und LEX 23 gestört:

Das ungünstige Magnesium/Kalium-Verhältnis am Grünlandstandort **LEO 4** wurde nur im ersten Untersuchungsjahr beobachtet, bei den Folgeuntersuchungen hatten sich die Gehalte normalisiert.

Am Hochalmstandort **LEX 23** ist das Problem landwirtschaftlich nicht relevant.

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)

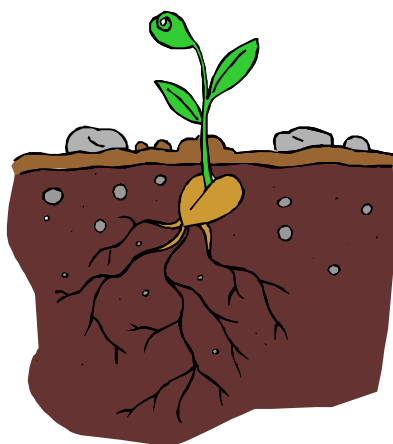
Die Verteilung der **Summe aus Ca, Mg, K und Na (AKat-Summe)** in den drei Gehaltsklassen im Bezirk Leoben lautet:

Gehaltsklasse AKat	Anzahl der Standorte		
	< 10 mval/100 g	10 - 25 mval/100 g	> 25 mval/100 g
Grünland	6	31	15
Acker	1	5	1
Hochalm	5	1	1
Wald	1	1	1
Alle Standorte in LE in %	19 %	55 %	26 %
Steiermark in %	22 %	63 %	15 %

Die Nährstoffbilanzierung im Bezirk Leoben ist mit den Ergebnissen der landesweiten Bodenzustandsinventur vergleichbar.

An den landwirtschaftlich genutzten Standorten mit einer zu niedrigen Summe an austauschbaren Kationen kann versucht werden das Problem in der Nährstoffbilanzierung durch eine Anhebung des pH-Wertes (Kalkung) zu verbessern.

Der einzige ackerbaulich genutzte Standort mit einer Kationensumme unter 10 mval/100g ist **LEX 1**. Da hier der pH-Wert mit 5,3 im sauren Bereich liegt, ist eine Gesundungskalkung anzuraten.



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 Lehrbuch der Bodenkunde von Scheffer/Schachtschabel (16. Auflage, 2010) 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, 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 Wasser-Extraktion und Messung mit ionenselektiver Elektrode.

Untersuchungsergebnisse:

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

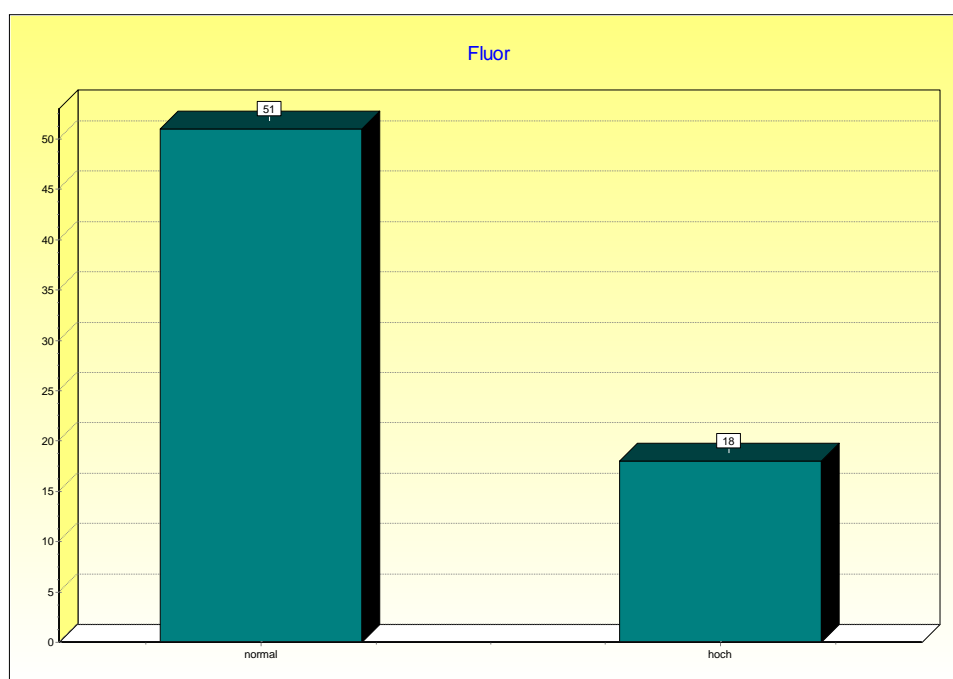
Anzahl Standorte		
Fluor (wasserlöslich)	„normal“	„über 1,2 ppm“
Grünland	42	10
Acker	1	6
Hochalm	7	-
Wald	1	2
Alle Standorte in LE in %	74 %	26 %
Steiermark in %	80 %	20 %

→ Der Vergleich der Fluorgehalte der Böden aus Leoben mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur weist mehr erhöhte Werte auf.

Erhöhte Fluorgehalte finden wir vor allem an Standorten im Einflussbereich der Emissionen der Donawitzer Schwerindustrie. Und auch am ehemaligen Ackerstandort **VFI 2** ist ein (zusätzlicher) Eintrag über Stäube des nahen Preger Steinbruches denkbar.

Die erhöhten Fluorwerte korrelieren mit überdüngten Böden 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.

Eine Weiterverfolgung der Fluorgehalte im Boden im Rahmen der in Arbeit befindlichen **Bodendauerbeobachtung** wird die zeitliche Zu- oder Abnahme dokumentieren.



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 Ertragseinbußen 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. Bei der Novellierung der Klärschlammverordnung am 31. 10. 2007 wurden einige Grenzwerte weiter herabgesetzt. Kupfer: 60 mg/kg, Zink: 150 mg/kg, Cadmium: 0,5 mg/kg und Quecksilber: 0,5 mg/kg. Die Grenzwerte für Kobalt und Molybdän wurden überhaupt weggelassen.

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

Es 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
Grenzwerte bis 2007	100	300	100	100	60	50	10	2	1	(20)
Grenzwerte ab 2007	60	150	100	100	60	-	-	0,5	0,5	(20)
Normalwerte	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 (siehe nachstehende Tabelle).

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 belasteter Standorte im Vergleich zum üblichen Landesdurchschnitt:

mg/kg	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
~ Einträge	10	37	16	20	10	5	0,4	0,20	0,12	5
Median Stmk.	25	95	27	40	26	13	0,9	0,28	0,13	12

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.

Eine Kontrolle der Zu- oder Abnahme der Schwermetallgehalte im Boden durch die in Arbeit befindliche **Bodendauerbeobachtung** ist, wegen der potentiellen Gefährdung von Mensch, Tier und Pflanzen durch diese Schadstoffgruppe, unumgänglich.

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

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

Richtwertüberschreitungen im Bezirk Leoben:

Standort	Normalwert-Überschreitungen	Grenzwert-Überschreitungen*
LEO 1	Cu	As
LEO 2	Zn, Mo	
LEO 3	Zn, Hg	
LEO 4	Mo	
LEO 5	Cd	As
LEO 7		As
LEO 8	Zn, Pb, Mo, Hg	Pb, As
LEO 9	Pb, Mo, Hg	
LEO 10	Pb, Cd, Hg	As
LEA 2	Cd	
LEA 3	Hg	As
LEA 5	Mo	Ni, As
LEA 6	Cr, Ni	Ni
LEA 7	Zn, Cd, Hg, As	As
LEA 8	Cu, Pb, Co, Mo, Hg, As	Cu, Ni, Co, Hg, As
LEB 1	Pb, Hg	
LEB 2	Hg	
LEB 4		As
LEB 5		As
LEB 6	Mo, Hg	As
VFB 5	Zn, Pb, Mo, Cd, Hg	Zn, Hg
VFB 6	Zn, Pb, Mo, Cd, Hg	Hg
VFB 7	Hg	As
VFB 8	Zn, Pb, Mo, Cd, Hg	As
VFB 9	Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Co, Mo, Cd, Hg	Cr, Ni, Hg, As
VFB 10	Cu, Zn, Cr, Co	Cr, Ni
VFB 11		As
VFB 12	Hg	
VFC 2	Zn, Mo, Hg	
VFC 3	Hg	
VFC 4	Mo	
VFC 5	Hg	As
VFC 9	Cr, Co, Hg	
VFE 7	Cu	As
VFH 8	Cu, Hg, As	Cu, Hg, As
VFI 2	Ni	Ni
LEX 2	Cr, Ni	Cr, Ni
LEX 6		As
LEX 9	Cr, Mo	
LEX 10	Cu, Ni	Ni
LEX 11	Mo	As

Standort	Normalwert-Überschreitungen	Grenzwert-Überschreitungen*
LEX 12	Ni, Mo, Hg	Ni
LEX 13	Pb	Ni
LEX 14	Mo, Hg	As
LEX 15	Pb, Cd, Hg	
LEX 16	Cu, Pb, Ni, Co, Mo, Cd, Hg, As	Cu, Ni, Co, Mo, Hg, As
LEX 17	Ni, Co, Mo, Cd, Hg, As	Ni, Co, Hg, As
LEX 18	Cr, Ni, Mo	Cr, Ni, As
LEX 19	Mo, As	As
LEX 20	Mo, Hg	
LEX 21	Cu, Pb, Ni, Co, Mo, Hg, As	Ni, As
LEX 22	Mo	
LEX 23	Pb	
LEX 24	Mo	As
LEX 25		As
LEX 28	Pb, Cd, Hg	
LEX 29	Pb, Mo, Cd	As

* Da die Bodenprobennahmen vor 2007 erfolgten, werden auch die damals gültigen Grenzwerte (vor der Novellierung am 31. 10. 2007) zur Beurteilung herangezogen.

Im Bezirk Leoben findet man an 51 von 69 untersuchten Standorten (74 %) Überschreitungen der Normalwerte (Vergleich Steiermark: 46 %).

Damit liegt die Schwermetallbelastung der untersuchten Böden weit über dem Landesdurchschnitt. Ursache ist einerseits eine erhöhte geogene Grundbelastung, sowie der Einfluss der Schwerindustrie. 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	7,20	3,60	4,30
Maximum	132,70	229,50	220,00
Mittelwert	34,23	34,29	35,03
Median - Leoben	28,25	29,00	26,70
Median - Steiermark	25,13	24,60	25,30

Die durchschnittlichen Kupfergehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben liegen etwas höher als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur.

Anreicherungen im Oberboden - als Hinweis für mögliche anthropogene Einträge - sind beim Kupfer selten. Das Vorkommen des Schwermetalls in der Umwelt ist fast ausnahmslos auf eine natürliche, geogene Herkunft zurückzuführen. Dies ist in der obigen Tabelle gut aus der gleichmäßigen Verteilung über alle Bodenhorizonte erkennbar. Anthropogene Einträge erfolgen zumeist über Spritzmittel oder Wirtschaftsdünger.

Eine **Überschreitung des Normalwertes** (Gehalte > 60 ppm) wurde an 9 Standorten (**LEO 1, LEA 8, VFB 9 + 10, VFE 7, VFH 8** und **LEX 10, 16 + 21**) festgestellt. An allen Standorten kann von einer geogenen Herkunft ausgegangen werden.

An den 3 Standorten **LEA 8, VFH 8** und **LEX 16** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Kupfer überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Es wurden keine erhöhten Pflanzengehalte 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	27,80	34,80	23,30
Maximum	351,30	198,00	127,30
Mittelwert	117,89	90,95	75,90
Median - Leoben	110,24	88,70	73,60
Median - Steiermark	94,95	85,40	77,40

Die durchschnittlichen Zinkgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind gegenüber jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur im Oberboden deutlich erhöht, was auf einen anthropogenen Einfluss hinweist.

An 10 Untersuchungsstellen (**LEO 2, 3 + 8, LEA 7, VFB 5, 6, 8, 9 + 10** und **VFC 2**) findet man **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 160 ppm). Alle Standorte weisen deutliche Anreicherungen im Oberboden auf und liegen im Einflussbereich der Donawitzer Schwerindustrie, sodass als Verursacher der erhöhten Zinkgehalte die Emissionen des Werkes angenommen werden müssen.

Am Grünlandstandort **VFB 5** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 300 ppm Zink überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Es wurden keine erhöhten Pflanzengehalte 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	12,30	7,40	3,00
Maximum	129,60	68,70	34,80
Mittelwert	38,67	27,67	17,27
Median - Leoben	34,40	27,30	15,70
Median - Steiermark	27,44	21,60	15,45

Die durchschnittlichen Bleigehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind gegenüber jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur erhöht.

Beim Blei findet man auch häufig Anreicherungen im Oberboden, was an 29 Untersuchungsstandorten auf anthropogene Einflüsse schließen lässt.

An 16 Untersuchungsstellen (**LEO 8, 9 + 10, LEA 8, LEB 1, VFB 5, 6, 8 + 9** und **LEX 13, 15, 16, 21, 23, 28 + 29**) findet man **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 50 ppm). Die Ursache der erhöhten Bleigehalte ist auf einen geogenen Anteil an natürlichen Bleierzen, der von anthropogenen Einträgen überlagert wird, zurückzuführen. Die Lage der Standorte mit Anreicherungen im Oberboden ist aber nicht so wie beim Zink ausschließlich um das Donawitzer Werk konzentriert, sondern zusätzlich weiter nach Nordwest und Südost verbreitet.

Am Waldstandort **LEO 8**, der den Emissionen der Donawitzer Schwerindustrie unmittelbar ausgesetzt ist, wurde in einem Untersuchungsjahr der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Blei überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Es wurden der Auflagehumus des Bodens und Fichtennadeln untersucht und ebenfalls hohe Bleigehalte festgestellt.

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 bis 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	5,10	8,10	5,40
Maximum	130,20	202,50	247,00
Mittelwert	41,78	40,86	43,32
Median - Leoben	36,75	34,30	31,80
Median - Steiermark	39,93	39,70	40,60

Die durchschnittlichen Chromgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind gegenüber der landesweiten Bodenzustandsinventur geringer, was auf einen niedrigeren geogenen Background der Region zurückzuführen ist.

Anreicherungen im Oberboden - als Hinweis für mögliche anthropogene Einträge - sind beim Chrom ähnlich dem Kupfer selten. Dennoch sind aus den Medianwerten nach oben hin zunehmende Chromgehalte in den drei untersuchten Bodenhorizonten zu erkennen und somit geringfügige Einträge aus der Schwerindustrie nicht auszuschließen.

Bei den Standorten **LEX 8** und **9** im Schladnitzgraben bei Leoben ist die Anreicherung von Chrom im Oberboden vermutlich auf geogene Einträge aus dem bodenbildenden Schwemmmaterial einer Chrom-Vererzung zurückzuführen.

An 7 Untersuchungsstellen (**LEA 6**, **VFB 9 + 10**, **VFC 9** und **LEX 2, 9 + 18**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 80 ppm). Die Herkunft des Schadstoffes ist geogen erklärbar.

An den Standorten **VFB 9 + 10** und **LEX 2 + 18** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Chrom überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Am Standort **LEX 2** wurde in einer Grasprobe ebenfalls ein erhöhter Gehalt festgestellt. Da es sich bei der Probe aber um Mähreste handelt, ist eine Kontamination mit Bodenpartikeln nicht auszuschließen. Eine weitere Pflanzenuntersuchung ist in Arbeit. Futtermittel-Höchstwerte für Chrom existieren nicht.

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	2,80	2,30	2,20
Maximum	136,50	199,00	306,00
Mittelwert	36,08	38,12	41,83
Median - Leoben	30,15	32,50	31,00
Median - Steiermark	26,35	28,80	31,00

Die durchschnittlichen Nickelgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind geringfügig höher als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur.

Anreicherungen im Oberboden - als Hinweis für mögliche anthropogene Einträge - sind beim Nickel ebenso selten wie bei Chrom und Kupfer. Das Vorkommen des Schwermetalls in der Umwelt ist fast ausschließlich auf eine natürliche, geogene Herkunft zurückzuführen. Dies ist in der obigen Tabelle gut aus der gleichmäßigen Gehaltsverteilung innerhalb der einzelnen Bodenhorizonte erkennbar.

Eine Ausnahme bildet der mittlerweile ausgefallene Ackerstandort **VFI 2**. Hier kam es zu deutlichen Anreicherungen von Nickel im Oberboden durch den Eintrag von Stäuben aus dem nahegelegenen Hartsteinbruch Preg.

An 10 Untersuchungsstellen (**LEA 6, VFB 9, VFI 2** und **LEX 2, 10, 12, 16, 17, 18 + 21**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 70 ppm). Die Herkunft des Schadstoffes ist bis auf den Standort VFI 2 geogen erklärbar.

Zusätzlich zu den oben angeführten Standorten ist auch an den Untersuchungsstellen **LEA 5 + 8, VFB 10** und **LEX 13** der gesetzliche Grenzwert von 60 ppm Nickel überschritten, sodass auch hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Da fallweise erhöhte Pflanzengehalte festgestellt wurden, sind noch weitere Untersuchungen in Arbeit.

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	1,40	1,10	1,80
Maximum	60,40	61,90	70,80
Mittelwert	15,40	15,46	17,17
Median - Leoben	13,50	14,40	14,20
Median - Steiermark	12,70	13,60	14,50

Die durchschnittlichen Kobaltgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur gut vergleichbar.

Anreicherungen im Oberboden - als Hinweis für mögliche anthropogene Einträge - konnten auch beim Kobalt nur in Ausnahmefällen (**LEA 2, 3 + 5**) festgestellt werden. Das Vorkommen des Schwermetalls in der Umwelt ist daher fast ausschließlich auf eine natürliche, geogene Herkunft zurückzuführen. Dies ist in der obigen Tabelle gut aus den gleichmäßigen, bzw. nach unten hin zunehmenden, Bodengehalten erkennbar. Anthropogene Verursacher von Kobaltanreicherungen im Oberboden sind an den oben genannten Standorten nicht bekannt.

An 7 Untersuchungsstellen (**LEA 8, VFB 9 + 10, VFC 9 und LEX 16, 17 + 21**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 30 ppm). Die Herkunft ist geogen erklärbar.

An den Standorten **LEA 8 und LEX 16 + 17** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 50 ppm Kobalt überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Es wurden keine erhöhten Pflanzengehalte 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	0,17	0,26	0,16
Maximum	11,64	11,04	10,08
Mittelwert	1,67	1,51	1,31
Median - Leoben	1,33	1,16	0,87
Median - Steiermark	0,89	0,75	0,66

Die durchschnittlichen Molybdängehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind deutlich höher als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur. Dies ist in den Unterböden auf einen erhöhten geogenen Background und im Oberboden zusätzlich auf anthropogene Einträge zurückzuführen. An rund 43 % der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse anthropogene Einflüsse ableitbar. Dies ist auch aus den zum Oberboden hin ansteigenden Werten der Durchschnittsgehalte in der obigen Tabelle gut erkennbar. Ursache sind Einträge aus der eisenverarbeitenden Industrie.

An 26 Untersuchungsstellen (**LEO 2, 4, 8 + 9, LEA 5 + 8, LEB 6, VFB 5, 6, 8 + 9, VFC 2 + 4, LEX 9, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24 + 29**) findet man **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 1,6 ppm). Die Ursache der erhöhten Molybdängehalte ist auf den geogenen Anteil an natürlichen Molybdänerzen, der im Oberboden von anthropogenen Einträgen überlagert wird, zurückzuführen. Die Lage der belasteten Standorte erstreckt sich ähnlich dem Blei auch auf den Nordwesten des Bezirkes.

Am Standort **LEX 16** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 10 ppm Molybdän überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Es wurde kein erhöhter Pflanzengehalt 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	0,06	0,06	0,04
Maximum	1,37	0,57	0,48
Mittelwert	0,38	0,24	0,16
Median - Leoben	0,33	0,22	0,12
Median - Steiermark	0,28	0,17	0,10

Die durchschnittlichen Cadmiumgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind geringfügig höher als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur. Dies ist weniger auf einen erhöhten geogenen Background als auf verstärkte anthropogene Einträge zurückzuführen. An rund 36 % der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse anthropogene Einflüsse ableitbar. Dies ist auch aus den zum Oberboden hin ansteigenden Werten der Durchschnittsgehalte in der obigen Tabelle gut erkennbar. Als Ursache sind hauptsächlich Einträge aus der eisenverarbeitenden Industrie anzunehmen, welche sich ähnlich dem Blei und Molybdän nicht nur in unmittelbarer Nähe von Donawitz, sondern auch im Nordwesten des Bezirkes bemerkbar machen.

An 13 Untersuchungsstellen (**LEO 5 + 10, LEA 2 + 7, VFB 5, 6, 8 + 9, und LEX 15, 16, 17, 28 + 29**) findet man **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 0,5 ppm). Die Ursache der erhöhten Cadmiumgehalte ist meist auf den geogenen Anteil an natürlichen Cadmiumerzen, der von anthropogenen Einträgen überlagert wird, zurückzuführen.

Der gesetzliche Grenzwert von 2 ppm Cadmium wird an keinem der Untersuchungsstandorte überschritten.

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	0,07	0,05	0,03
Maximum	127,97	138,69	98,75
Mittelwert	1,75	2,32	1,73
Median - Leoben	0,23	0,17	0,11
Median - Steiermark	0,13	0,10	0,08

Die durchschnittlichen Quecksilbergehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind vor allem im Oberboden gegenüber der landesweiten Bodenzustandsinventur deutlich erhöht.

An 45 % der Untersuchungsstandorte sind beim Quecksilber anthropogene Einflüsse (Anreicherungen im Oberboden) feststellbar. Dies ist auch aus den zum Oberboden hin ansteigenden Werten der Durchschnittsgehalte in der obigen Tabelle erkennbar.

An 30 Untersuchungsstellen (siehe Tabelle Seiten 56-57) findet man **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 0,3 ppm). Die Ursache der erhöhten Quecksilbergehalte ist auf den geogenen Anteil an natürlichen Quecksilbererzen, der meist von anthropogenen Einträgen überlagert wird, zurückzuführen. Die Lage der belasteten Standorte erstreckt sich ähnlich wie beim Schadstoff Cadmium von Donawitz nach Nordwesten.

An den 7 Standorten **LEA 8, VFB 5, 6 + 9, VFH 8 und LEX 16 + 17?** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 1 ppm Quecksilber überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Am Standort **VFB 9** wurden in zwei Grasproben ebenfalls erhöhte Gehalte festgestellt, wobei der Höchstwert der Futtermittel-Verordnung nicht überschritten wird. Eine weitere Pflanzenuntersuchung ist in Arbeit.

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	1,90	2,10
Maximum	98,80	89,60	91,20
Mittelwert	20,58	21,50	20,82
Median - Leoben	17,35	18,00	18,00
Median - Steiermark	11,55	12,20	12,30

Die durchschnittlichen Arsengehalte der untersuchten Böden im Bezirk Leoben sind verglichen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur deutlich höher.

Anreicherungen im Oberboden - als Hinweis für mögliche anthropogene Einträge - sind beim Arsen eher selten und treten nur in Ausnahmefällen auf (**LEO 8**, **LEB 6**, **VFB 11 + 12** und **VFH 8**). Meist stammen derartige Einträge aus Überschwemmungsereignissen, Hangwasser oder erzeichem Hangschutt. Ansonsten ist das Vorkommen des Schwermetalls in der Umwelt meist auf eine natürliche, geogene Herkunft zurückzuführen. Dies ist in der obigen Tabelle aus der gleichmäßigen Gehaltsverteilung in den untersuchten Bodenhorizonten erkennbar.

An 7 Untersuchungsstellen (**LEA 7 + 8**, **VFH 8** und **LEX 16, 17, 19 + 21**) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 40 ppm). Die erhöhten Gehalte sind geogen erklärbar.

An 30 Standorten ist der internationale Richtwert von 20 ppm Arsen überschritten, so dass hier der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 68 f.). Es konnten keine erhöhten Pflanzengehalte festgestellt werden.

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 Schwermetallgehalte 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 2010 (As, Pb, Cd, Hg)

Lebensmittel-Richtwerte lt. VO 466/2001 (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 (Lehrbuch der Bodenkunde - 11. Auflage, Scheffer / Schachtschabel, 1984).

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 Leoben: **Schwermetallgehalte** in mg/kg TS.

Pflanzengehalte der Standorte mit erhöhten Schwermetallwerten im Boden:

Kennung	Pflanze	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
LEO 1 - 1991	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
LEO 1 - 1999	Gras 3										< 0,5
	Gras 4										< 0,5
LEO 5 - 1991	Gras 1										0,79
	Gras 2										< 0,5
LEO 5 - 1999	Gras 3										< 0,5
	Gras 4										0,50
LEO 6 - 1991	Gras 1										0,68
	Gras 2										0,58
LEO 6 - 1999	Gras 3										0,50
	Gras 4										< 0,5
LEO 8 - 1991	Fi.Nadel 1			6,29							0,55
	Fi.Nadel 2			10,15							0,83
LEO 8 - 1998	Fi.Nadel 3			4,49							< 0,5
	Fi.Nadel 4			6,89							< 0,5
LEO 10 - 1998	Fi.Nadel 1										< 0,5
	Fi.Nadel 2										< 0,5
	Fi.Nadel 3										< 0,5
	Fi.Nadel 4										< 0,5
LEA 3 - 1996	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
LEA 5 - 1996	Gras 1					1,81					< 0,5
	Gras 2					1,98					< 0,5
LEA 6 - 1996	Gras 1					6,29					
	Gras 2					13,34					
LEA 7 - 1996	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
LEA 8 - 1996	Gras 1	6,80				1,81	< 0,08			0,01	< 0,5
	Gras 2	10,80				1,98	< 0,08			0,01	< 0,5
LEB 4 - 1996	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
LEB 5 - 1995	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
LEB 6 - 1996	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
VFB 5 - 1999	Gras 1		41,67							0,04	
	Gras 2		46,17							0,04	
VFB 6 - 2001	Gras 1									0,04	
	Gras 2									0,04	
VFB 7 - 1999	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
VFB 8 - 1999	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
VFB 9 - 1999	Gras 1				0,99	0,79				0,09	< 0,5
	Gras 2				0,88	0,89				0,08	< 0,5
VFB 10 - 1999	Gras 1				0,71	0,69					
	Gras 2				0,76	0,95					
VFB 11 - 1999	G.-Stroh										< 0,5
	Korn										< 0,5

fett: Gehalte > Orientierungswerte

Kennung	Pflanze	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
VFC 5 - 1999	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
VFE 7 - 1999	Gras 1										< 0,5
	Gras 2										< 0,5
VFH 8 - 1999	Gras 1	8,20								0,02	< 0,5
	Gras 2	8,90								0,02	< 0,5
VFI 2 - 1999	G.-Blatt					2,66					
	G.-Stroh					8,61					
	Korn					1,42					
LEX 2 - 2005	Gras 1	8,32	24,17	1,00	8,40	6,99	0,67	1,97	0,16	< 0,01	0,50
LEX 6 - 2006	Gras 1	5,66	27,43	0,56	0,33	0,67	< 0,08	2,30	0,09	< 0,01	< 0,5
LEX 11 - 2006	Gras 1	8,66	26,55	0,44	0,44	1,56	< 0,08	3,43	0,03	< 0,01	< 0,5
LEX 14 - 2005	Gras 1	5,82	22,15	0,22	1,26	1,57	0,11	0,86	0,08	< 0,01	< 0,5
LEX 15 - 2006	Gras 1	10,34	34,16	0,67	0,45	3,60	0,08	2,33	0,03	< 0,01	< 0,5
LEX 17 - 2006	Gras 1	10,38	30,14	0,67	0,56	2,23	< 0,08	1,31	0,03	0,02	< 0,5
LEX 18 - 2006	Gras 1	8,30	43,45	0,55	0,44	7,53	< 0,08	0,31	0,10	< 0,01	< 0,5
LEX 19 - 2006	Gras 1	9,01	42,19	0,77	0,55	3,30	< 0,08	0,45	0,08	< 0,01	< 0,5
LEX 21 - 2006	Gras 1	7,71	54,51	0,77	0,33	4,51	< 0,08	0,24	0,08	< 0,01	< 0,5
LEX 24 - 2004	Gras 1	15,76	32,16	2,02	0,64	1,60	< 0,08	1,57	0,06	< 0,01	< 0,5
LEX 25 - 2004	Gras 1	5,95	44,17	1,27	2,02	2,87	0,32	0,85	0,41	0,01	< 0,5
LEX 29 - 2004	Gras 1	10,02	65,85	0,54	0,43	3,56	< 0,08	1,25	0,58	< 0,01	< 0,5

fett: Gehalte > Orientierungswerte

An einigen Standorten wurden im untersuchten Pflanzenmaterial Schwermetallgehalte **über** den Orientierungswerten festgestellt. Um abzuklären, ob es sich dabei um vernachlässigbare Ausreißer oder ernstzunehmende Belastungen handelt, müssen noch weitere Pflanzenuntersuchungen erfolgen. Diese werden üblicherweise zusammen mit den Probenahmen der in Arbeit befindlichen **Bodendauerbeobachtung** durchgeführt. Generell kann gesagt werden, dass die Kontamination von Pflanzen mit Schwermetallen - wenn nicht ein unmittelbarer Staubemittler in der Nähe ist - 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.

Die **hohen Bleigehalte** in den Fichtennadelproben am Waldstandort **LEO 8** stammen vermutlich aus Emissionen der Schwerindustrie. Der Untersuchungsstandort wurde mittlerweile - wie alle Waldstandorte - aufgelassen.

An einigen Grünlandstandorten wurde ein Kobaltgehalt unter 0,08 mg/kg TS. festgestellt, sodass hier **Kobaltmangel** möglich ist. Sollte sich bei den Nutztieren ein Hinweis auf eine Mangelerkrankung 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 durch eine Aceton-Extraktion und 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 lag bis 2006 bei 15 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$). Unter der Bestimmungsgrenze ist eine Quantifizierung von Ergebnissen nicht seriös - ein qualitativer Nachweis von Rückständen ist aber bis zur so genannten **Nachweisgrenze** möglich.

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 auf 1 ppb gesenkt werden.

Untersuchungsergebnisse:

Bei den Untersuchungen der 69 Standorte im Bezirk Leoben wurden in den Böden keine **Lindan-Rückstände** festgestellt.

Auch beim **HCB** wurden in den ersten beiden Untersuchungsjahren aufgrund der höheren Bestimmungsgrenzen keine Rückstände gefunden. Erst im Zuge der Bodendauerbeobachtung war wegen der verbesserten Bestimmungsgrenzen am Standort **VFB 9** ein minimaler Rückstand von 2 ppb HCB nachzuweisen (2007).

DDT war an zwei Grünlandstandorten nachzuweisen: Angaben in ppb.

Standort	Horizont (cm)	2002	2003	2012
LEX 7	0 - 5	37	< 15	9
	5 - 20	22		
	20 - 50	< 15		
LEX 8	0 - 5	< 15	< 15	5
	5 - 20	47		
	20 - 50	< 15		

DDT-Rückstände im Boden von Grünlandflächen sind nach bisherigem Wissen unproblematisch, da der Schadstoff kaum wasserlöslich ist.

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 „polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen“) und „PCA“ (von „polycyclische 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 Verursachenermittlung 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 = µg/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 Methode (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 Leoben:

PAH-Summe (Horizont 1)	Ubiquitäre Belastung	Erhöhte Belastung	Starke Belastung
Grünland	40	10	2
Acker	7	-	-
Hochalm	6	-	1
Wald	3	-	-
Alle Standorte in LE in %	81 %	14 %	4 %
Steiermark in %	86 %	8 %	6 %

→ Im Bezirk Leoben findet man vergleichsweise mehr Standorte mit erhöhter Belastung als es dem Durchschnitt der landesweiten Bodenzustandsinventur entspricht.

An 10 Grünlandstandorten (LEA 8, LEB 6, VFB 5, 6, 7, 9 + 10, VFC 2, und LEX 9 + 28) wurden **erhöhte Belastungen** festgestellt.

Stark belastet sind die drei Standorte **VFB 12**, **VFE 7** und **LEX 20**.

Zur Herkunft der Belastungen werden folgende Ursachen angenommen:

Am Untersuchungsstandort **VFE 7** sind die Schadstoffeinträge am ehesten über das bodenbildende Schwemmmaterial aus dem ehemaligen Bergbauggebiet im Teichengraben denkbar.

An den Standorten **LEX 9** und **28** standen früher die für die Eisengewinnung notwendigen Köhlereien.

Die Belastung am Präbichl (**LEX 20**) kann entweder auch auf die Eisengewinnung in der Region oder ein Brandereignis zurückgeführt werden.

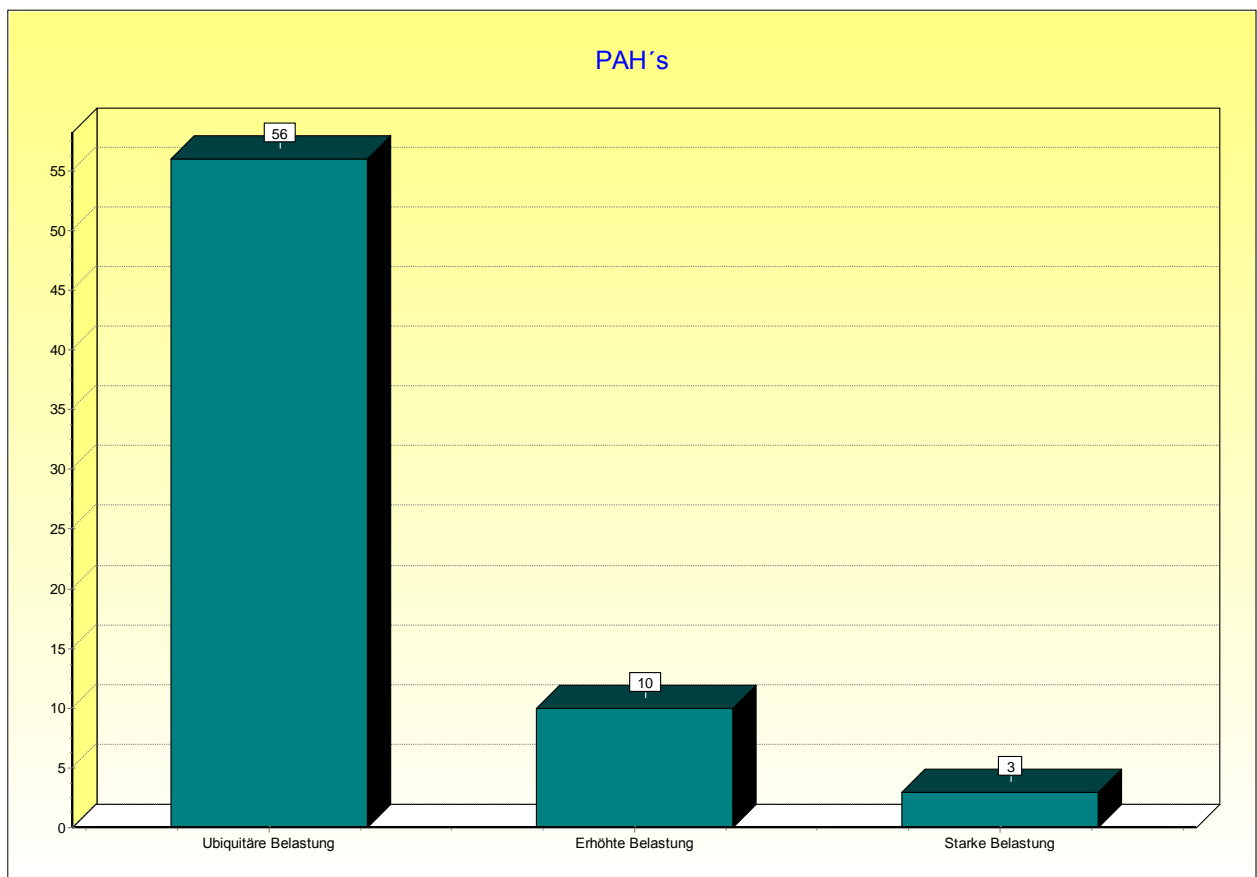
Alle übrigen belasteten Standorte stehen im unmittelbaren Einflussbereich der Emissionen aus der Schwerindustrie in Donawitz.

Die Weiterverfolgung von Abbau und Zunahme im Laufe der Zeit ist für die Schadstoffgruppe der PAH's durch die in Arbeit befindliche **Bodendauerbeobachtung** gewährleistet.

Die statistischen Richtwerte der im Bezirk Leoben untersuchten Standorte lauten:

PAH-Summe in ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Horizont 1
Minimum	22
Maximum	582
Mittelwert	146
Median - Leoben	112
Median - Steiermark	65

Die mittlere Belastung der Böden im Bezirk Leoben ist deutlich höher als der Landesdurchschnitt und spiegelt die über viele Jahre kumulierten Umwelteinflüsse der Industrieregion wider.



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 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 7 untersuchten Ackerstandorten im Bezirk Leoben wurden an den drei Untersuchungsstellen **LEA 1 + 2** und **VFB 11** geringfügige **Atrazin - Rückstände** nachgewiesen.

An den Standorten **LEA 1 + 2** betreffen sie die Untersuchungsjahre 1994/95, als das Herbizid noch angewendet werden durfte. Die Rückstände waren im Zuge der Bodendauerbeobachtung 2004 nicht mehr nachzuweisen.

Am Ackerstandort **VFB 11** wurden 1997 noch minimale Atrazinrückstände von 10 ppb gefunden, welche als vernachlässigbare Rückstände aus vergangenen Jahren zu werten sind. Bei den Folgeuntersuchungen war der Boden bereits rückstandsfrei.

Bodenbelastungen durch die eisenverarbeitende Industrie

(aktualisierter Auszug aus dem Bodenschutzbericht 1999)

Eisen ist das wichtigste und am häufigsten vorkommende Schwermetall der Erde. In der Steiermark gab es im Laufe der Geschichte weit über 40 Eisensteinbergbaue. Am Erzberg bezeugen Funde, dass schon zur Römerzeit Anfang des 4. Jahrhunderts Eisen gewonnen wurde.

Über Jahrhunderte hinweg war es aus praktischen Gründen selbstverständlich, dass Gewinnung und Verarbeitung in unmittelbarer Nähe des Bergbaues stattfanden. Doch die Vergrößerung der Radwerke führte zu einem steigenden Holzkohlenbedarf und damit zu einer Dezimierung des Waldbestandes, sodass die weiterverarbeitenden Hammerwerke in die Täler der Mur und Mürz ausgelagert wurden. Dort war durch den Waldbestand der Holzkohlenbezug auch weiterhin gewährleistet.

Im 19. Jahrhundert waren Donawitz und Eisenerz die Hauptproduktionsstätten des Roh- und Walzeisens. In der Folgezeit expandierte die Eisenindustrie weiter und es entstanden mehrere Zweigstellen in der Obersteiermark.

1997 wurden im Rahmen des Bodenschutzprogrammes 13 Standorte im Bezirk Leoben eingerichtet; ihre Bezeichnungen sind VFB 5-12, VFC 2-5 und VFC 9.

Untersuchungsergebnisse: Mittelwerte in mg/kg Boden

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	33,70	32,98	31,65	34,48	60
Zink (Zn)	164,15	159,40	106,77	82,00	160
Blei (Pb)	46,95	43,73	27,22	14,19	50
Chrom (Cr)	56,45	57,07	54,51	60,43	80
Nickel (Ni)	38,54	37,18	39,65	42,68	70
Kobalt (Co)	16,43	18,45	17,76	19,64	30
Molybdän (Mo)	1,78	1,73	1,07	0,71	1,6
Cadmium (Cd)	0,50	0,53	0,24	0,12	0,5
Quecksilber (Hg)	0,53	0,54	0,32	0,14	0,3
Arsen (As)	17,69	17,64	17,57	16,92	40

Deutliche Anreicherungen im Oberboden durch Industrieemissionen findet man bei den Schwermetallen **Zink, Blei, Molybdän, Cadmium** und **Quecksilber**.

Die Standorte **VFB 5 - 10, VFB 12**, sowie **VFC 2 - 3** aus dem Raum St. Peter-Freienstein, Donawitz und Leoben bis Proleb weisen ein identes Belastungsbild auf, wobei das Ausmaß der Belastungen mit der Entfernung zum Werk Donawitz abnimmt.

An der Untersuchungsstelle **VFB 11** in Leoben-Hinterberg sind keine Einflüsse aus dem Werk Donawitz mehr festzustellen. Sämtliche Schwermetallwerte im Boden entsprechen normalen Gehalten.

Neben den typischen Industrieimmissionen findet man an den Standorten VFB 9 + 10 auch noch geogen bedingte, geringfügige Normalwertüberschreitungen anderer Schwermetalle wie Cu, Cr, Ni oder Co (siehe Tabelle Seite 56).

Im weiteren Verlauf des Murtales östlich von Proleb (Standorte VFC 4 und VFC 5) findet man zwar auch noch Anreicherungen von Pb, Mo und Hg im Oberboden, ihre Absolutgehalte nähern sich aber zunehmend denen der ubiquitären Umweltbelastung.

Auffällig hoch sind an den werknahen Standorten **VFB 5, 6 und 9** auch die Gehalte an „**pflanzenverfügbarem Eisen und Mangan**“ (EDTA-Extrakt). Ihnen ist aber toxikologisch keine Bedeutung beizumessen.

Ein weiterer Untersuchungsparameter, der in der Region Donawitz deutlich erhöht ist, ist das „**wasserlösliche Fluor**“. Es besteht zwar die Möglichkeit, dass Fluor auch über Düngemittel eingetragen wird – dies ist aber hauptsächlich bei Ackerstandorten anzunehmen. An den Grünlandstandorten VFB 5, 6, 7, 8 + 9 und VFC 2 + 3, welche im unmittelbaren Immissionsbereich der Schwerindustrie liegen, ist diese als Verursacher der erhöhten Bodengehalte anzunehmen.

Die Fluorgehalte an den erwähnten Standorten reichen bis 4,47 mg/kg (als Obergrenze gilt 1,2 mg/kg) und weisen eine Entfernungsabhängigkeit zum Emittenten auf.

Auch die Bodengehalte an **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH)** weisen eine deutliche Entfernungsabhängigkeit zum Emittenten auf, erreichen aber nur selten Gehalte über 500 ppb (ng/g) im Oberboden (als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen).

Überschreitungen der gesetzlichen Schwermetallgrenzwerte findet man bei:

VFB 5:	Zn, Hg
VFB 6:	Hg
VFB 7:	As
VFB 8:	As
VFB 9:	Cr, Ni, Hg, As
VFB 10:	Cr, Ni
VFB 11:	As
VFC 5:	As

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden an diesen Untersuchungsstellen **Pflanzenproben** gezogen und untersucht (Ergebnisse siehe Seiten 69-70).

Schadstoffbelastungen durch die Eisenindustrie wurden natürlich auch im **Raum Eisenerz – Vordernberg** festgestellt (Standort **LEA 8**). Um die Bodenbelastungen in diesem landwirtschaftlich weniger genutzten Gebiet räumlich einschätzen zu können, wurden in einem Projekt mit dem Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben Suszeptibilitäts-Messungen veranlasst.

Suszeptibilitäts-Messungen im Raum Eisenerz-Vordernberg

Auszüge aus dem Originalbericht von
Robert Scholger, Monika Hanesch, Sigrid Hemetsberger
Institut für Geophysik – Montanuniversität Leoben, 2003.

Zusammenfassung

Die Messung der magnetischen Suszeptibilität (*Maß für die Magnetisierbarkeit von Materie*) wird seit einigen Jahren intensiv zur Untersuchung von Böden herangezogen, da mit dieser Methode sehr rasch flächenhafte Anomalien abgegrenzt werden können und man anhand der Tiefenverteilung der Suszeptibilität anthropogen belastete Böden von geogen bedingten Anomalien unterscheiden kann.

Ziel dieser Arbeit war es, eine in früheren Arbeiten des Instituts für Geophysik erkannte Suszeptibilitätsanomalie im Gebiet der steirischen Eisenstraße genauer zu untersuchen. Die Kartierung der magnetischen Suszeptibilität erfolgte entlang von Profilen im Gebiet von Trofaiach bis zum Leopoldsteiner See bei Eisenerz, sowie in einigen Seitentälern. Es ergab sich ein differenziertes Bild der Situation im Gebiet der Eisenstraße. Die Anomalie war in der Übersichtskarte für die Steiermark (Scholger und Hanesch, 2000) als eine weit ausgebreitete Belastungsfläche erschienen. Die hier durchgeführte Detailbetrachtung zeigt, dass es sich um zwei anthropogene Anomalien handelt, die durch den Präbichl voneinander abgegrenzt werden.

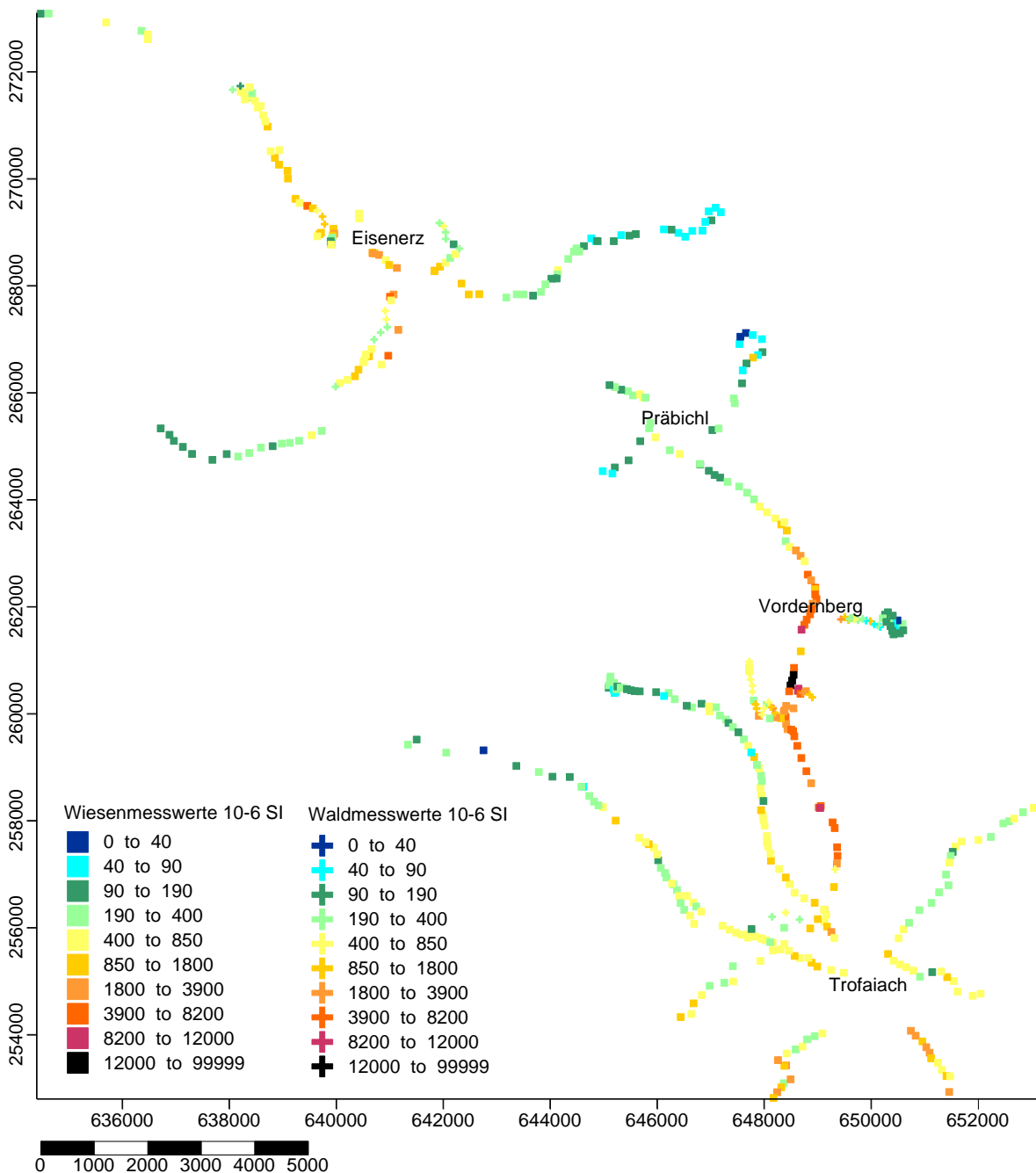
Eine dieser Anomalien erstreckt sich von Trofaiach bis zum Präbichl. In Vordernberg werden die höchsten Suszeptibilitätswerte gemessen. Diese Anomalie steht eng in Zusammenhang mit der historischen Schwerindustrie. Bei der Kartierung wurden Schlackenstücke mit sehr hohen Suszeptibilitätswerten gefunden. In unmittelbarer Nähe zu drei ehemaligen Radwerkstandorten tritt der Höhepunkt der Anomalie in Form einer an dieser Stelle 1 m mächtigen Rußlage auf. Die Suszeptibilitätswerte sind mit der Dicke dieser Rußlage verknüpft. Deren Ausdehnung und Mächtigkeit könnte deshalb mit einer detaillierten Suszeptibilitätskartierung rasch festgestellt werden.

Nördlich des Präbichl, im Gebiet von Eisenerz, liegt ebenfalls eine anthropogen bedingte Anomalie vor. Sie ist zum einen durch historische Eisenverarbeitung bedingt, zum anderen durch die Erosion und Windverfrachtung von einer dort bestehenden Schlackenhalde. Das Ausmaß der Belastung scheint hier zwar geringer im Vergleich zum Gebiet Vordernberg, ist aber immer noch beachtlich.

Beide anthropogenen Anomalien werden durch die Höhenrücken begrenzt, die ihre Ausbreitung behindern. So ist das dazwischen liegende Gebiet um Präbichl und Gsoll hier als unbelastet eingestuft worden. Die Seitentäler sind ebenfalls nur an ihren Anfängen betroffen. Die höheren Werte im Gößgraben stimmen mit früheren magnetischen Untersuchungen überein, bei denen festgestellt wurde, dass die Ignimbrite im Gößgraben erhöhte Suszeptibilität (Ströbl, 1980) aufweisen. Die Untersuchung der Tiefenverteilung der Suszeptibilität an bestimmten Schürfstandorten bestätigte die geogene Einflussnahme.

Zusätzlich zu den Schürfen, durch die die anthropogenen und geogenen Anomalien voneinander unterschieden werden konnten, wurden 30 cm lange Bodenkerne entnommen. Sie zeigten im Wesentlichen dieselben Trends wie die Schürfe. Aus diesen Kernen wurden die Proben zur Identifikation der magnetischen Phasen gewonnen.

Nach der Anwendung verschiedener mineralmagnetischer Untersuchungsmethoden hat sich gezeigt, dass in allen Proben dieselbe anthropogene Phase auftritt. Diese Phase zeichnet sich durch niedrige Koerzitivität (*magnetische Feldstärke*) und rasche Sättigung aus, Hinweise auf Eisenoxide technogener Herkunft. Diese traten auch an Standorten auf, die bei der Kartierung als unbelastet eingestuft wurden. Der anthropogene Einfluss ist also auch in entlegenen Gegenden noch feststellbar. Eine Unterscheidung zwischen belasteten und unbelasteten Standorten ist relativ Natur und wird über die Intensität der Suszeptibilität beziehungsweise über die Konzentration der anthropogenen Phasen getroffen. Im vorliegenden Fall ist der Unterschied jedoch beträchtlich. Die Werte im Gebiet Vordernberg liegen drei Größenordnungen über den Werten im unbelasteten Gebiet.



Verteilungskarte der magnetischen Suszeptibilität Maßstab 1: 125 000

Bodenbelastungen im Bereich des Hartsteinbruches Preg

(aktualisierter Auszug aus dem Bodenschutzbericht 1999)

Um eine etwaige Schadstoffbelastung benachbarter Böden durch den Hartsteinbruch Preg bei Kraubath in der Obersteiermark feststellen zu können, wurde 1997 der Standort **VFI 2** eingerichtet.

Der Standort lag damals nur wenige hundert Meter nordöstlich des Steinbruches und wurde landwirtschaftlich als Wechselland (Futterpflanzen, Getreideanbau) genutzt. Nach den ersten beiden Untersuchungsjahren 1997/98 wurde der Bereich der Untersuchungsstelle als Lagerplatz des abgebauten Schotters genutzt und der Standort musste aufgelassen werden (siehe Fotos rechts).

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man beim Element: **Nickel**

Alle Schwermetallgehalte mit Ausnahme von **Nickel** weisen unauffällige Werte auf. Beim Nickel kommt es zu deutlichen Anreicherungen im Oberboden auf etwa den doppelten Gehalt des Unterbodens (geogener Background).

Ursache ist der Eintrag Nickel-belasteter Stäube aus dem Hartsteinbruch. Das dort verarbeitete Gestein enthält einen relativ hohen Anteil an Nickel-reichem Serpentin.

Da auch der gesetzliche Grenzwert für Nickel überschritten wird, wurden entsprechend der gesetzlichen Vorgabe auch **Pflanzenproben** gezogen und auf ihren **Nickelgehalt** untersucht.

Untersucht wurden die 1999 am Untersuchungsstandort geernteten Gerstenkörner, am Acker verbliebenes Gerstenstroh und nach der Ernte am Feld frisch aufgegangenes Gras bzw. Getreide.

Außer dem mit Bodenpartikeln verschmutzten Gerstenstroh (8,61 mg Nickel / kg in der Trockensubstanz), weisen die Pflanzenproben als „normal“ geltende Nickelgehalte unter 3 mg/kg auf.

Lebensmittel-Richtwerte für Nickel gibt es nicht.



Der Standort **VFI 2** im Erstuntersuchungsjahr 1997 (oben) und 2007 (unten).



Historische Kupferbergbaue

(aktualisierter Auszug aus dem Bodenschutzbericht 1999)

Radmer an der Hasel

Der Standort zählt zum großen nordsteirischen Eisensteinzug und liegt in der Grauwackenzone des Paläozoikums. Die Eisenspatvererzungen führen gelegentlich reichlich Kupfererze. Der Bergbau in Radmer zählte im Spätmittelalter zu den vier bedeutendsten Kupferabbaustätten in Mitteleuropa und bestand aus etwa 60 Stollen. Die höchste Fördermenge wurde im Jahre 1596 mit 480 t Rohkupfer erreicht.

Der Untersuchungsstandort des Bodenschutzprogrammes **VFH 8** befindet sich im hinteren Radmer Tal. Noch deutlich lassen sich dort heute mehrere begrünte Halden als Zeugen der ehemaligen Bergbautätigkeiten erkennen.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:
Cu, Hg und As.

Besonders auffallend ist der deutlich erhöhte Gehalt des Bodens an **Quecksilber**. Er dürfte aber laut Profilanalyse überwiegend geogenen Ursprungs sein.

Das Element **Arsen** war nur bei der Untersuchung in einem Jahr leicht erhöht. Auch hier kann von einer geogenen Herkunft ausgegangen werden.

Auffällig hoch ist am Standort VFH 8 auch der Gehalt an „**pflanzenverfügbarem Kupfer**“ (EDTA-Extrakt). Er beträgt 75 mg/kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:
Cu, Hg und As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen untersucht.

Die Schwermetallgehalte der untersuchten Grasproben liegen im normalen Gehaltsbereich.

Kalwang - Teichenbachgraben

Ähnlich wie im ehemaligen Bergbauggebiet von Radmer, findet man auch im Teichenbachgraben bei Kalwang eine Vergesellschaftung von eisenhaltigem Erz mit Kupferkies.

Die älteste urkundliche Erwähnung des Kupferbergbaues in „der Teichen“ stammt aus dem Jahre 1469. Die Schließung des Hüttenbetriebes erfolgte 1867. Noch in den Jahren 1916 – 1929 wurde versucht den Bergbau wieder aufzunehmen, die Hütte blieb aber geschlossen.

Der überwiegende Teil des ehemaligen Bergbau- und Hüttengebietes ist heute bewaldet, sodass der Untersuchungsstandort **VFE 7** auf einem Schwemmfächer des Teichenbaches südöstlich von Kalwang (mehrschnittige Wiese) eingerichtet wurde.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen des Normalwertes findet man beim Element: Cu.

Der **Kupfergehalt** des Bodens ist leicht erhöht (ca. 70 ppm Cu), was auf die Beimengung von erzhaltigem Schwemmmaterial des Teichenbaches rückschließen lässt. Die ca. 1 km nordwestlich des Standortes VFE 7 gelegene alte Untersuchungsstelle LEO 6, welche sich vor der Einmündung des Teichenbaches befindet, weist deutlich niedrigere Kupfergehalte um 30 ppm auf.

Die übrigen Schwermetallgehalte des Standortes VFE 7 weisen keine nennenswerten Besonderheiten auf.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man beim Element: As.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf ihren Arsengehalt hin untersucht.

Der Arsengehalt der untersuchten Grasproben liegt im normalen Gehaltsbereich.

Als überhöht sind an diesem Standort auch die Bodengehalte an **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH)** anzusprechen. Die PAH-Summe liegt bei ca. 600 ppb (ng/g) im Oberboden. Als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen.

Es ist jedoch fraglich, ob die PAH-Belastung nur auf die Bergbautätigkeiten der Region zurückzuführen ist, oder ob nicht auch andere Ursachen, wie Straßenverkehr oder Hausbrand für die Belastungen zumindest mitverantwortlich sind.

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	Polycyclische 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

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 - 2012.

Niederösterreichische Bodenzustandsinventur, 1994.

Oberösterreichischer Bodenkataster - Bodenzustandsinventur 1993.

Diverse ÖNORMEN des Österreichischen Normungsinstitutes.

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

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

IMPRESSUM

Herausgegeben von:

Abteilung 10 Land- und Forstwirtschaft
Abteilungsleiter Hofrat Dipl. Ing. Georg Zöhrer

Redaktion, Layout und Inhalt:

A10, Referat Boden- und Pflanzenanalytik
Mag. Dr. Wolfgang Krainer

Druck:

A2- Zentrale Dienste

