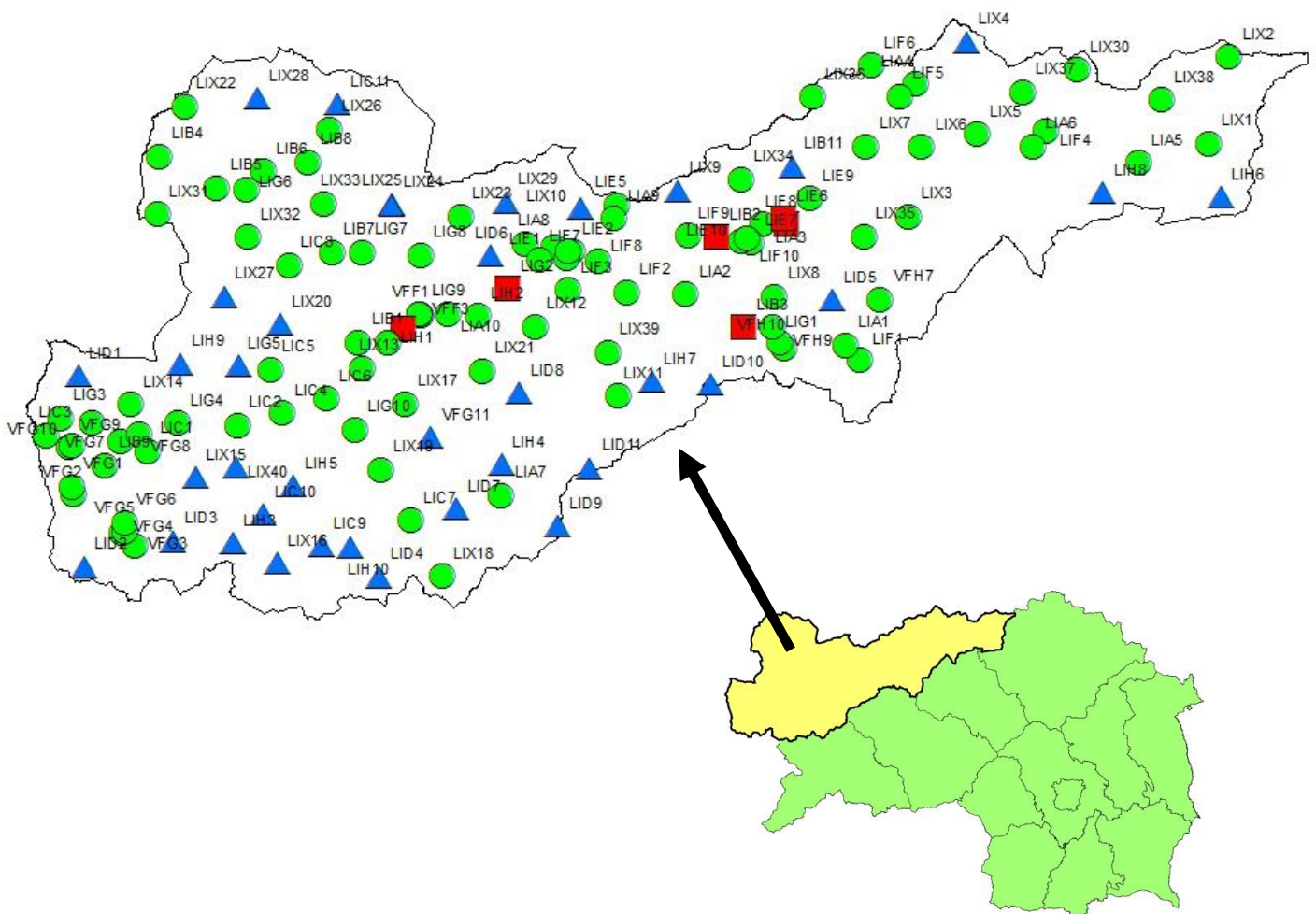


Bodenzustandsinventur Bezirk Liezen

Bodenschutz-
bericht

2015



Inhaltsangabe

	Seite
<u>Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Liezen</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	59
Zink	60
Blei	61
Chrom	62
Nickel	63
Kobalt	64
Molybdän	65
Cadmium	66
Quecksilber	67
Arsen	68
Zusammenfassung Schwermetalle	69
Untersuchung von Pflanzenproben	71
Organische Schadstoffe	79
Die chlorierten Kohlenwasserstoffe HCB, Lindan + DDT	79
Die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe	81
Triazin - Rückstände	84
Bodenbelastung in historischen Bergbaugebieten	85
Bodenbeeinflussung durch den Straßenverkehr	93
Erläuterung der Abkürzungen	97
Literatur	98
Impressum	99

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Liezen:

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 (**141 davon im Bezirk Liezen**) 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 Liezen.

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 Liezen (34 %) entspricht jenem der landesweiten Bodenzustandsinventur (37 %). Der Säuregrad ist an Zweidrittel der Untersuchungsstandorte basisch bzw. in Ordnung.

Nährstoffe, Spurenelemente und das wasserlösliche Fluor:

Phosphor und **Kalium**: Beim Kalium sind 49 % der untersuchten Standorte ausreichend versorgt, 24 % der Böden liegen in den Gehaltsklassen „hoch“ und „sehr hoch“.

Beim Phosphor wurde wegen des hohen Anteils an Hochalmflächen an 79 % 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 Liezen 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: 72 % der untersuchten Standorte liegen im mittleren Gehaltsbereich. 26 % der Böden sind „niedrig“ versorgt. Düngemaßnahmen sind aber nur im Falle einer Kultivierung von borbedürftigen Pflanzen in Erwägung zu ziehen und im Bezirk Liezen an den betroffenen Flächen derzeit kein Thema.

Die pflanzenverfügbaren Spurenelemente Kupfer, Zink, Mangan und Eisen:

Die Spurenelementgehalte der im Bezirk Liezen untersuchten Standorte stimmen beim Kupfer und Mangan gut mit den Ergebnissen der landesweiten Bodenzustandsinventur überein, bei den Elementen Eisen und vor allem Zink ist der Anteil an hochversorgten Böden auf Grund geologischer Gegebenheiten größer. 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 Liezen landwirtschaftlich genutzten Böden ist zufriedenstellend.

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 Liezen weisen seltener erhöhte Werte auf als im landesweiten Durchschnitt.

Schwermetalle:

Die Böden im Bezirk Liezen weisen bei den Schwermetallen **Blei** und **Cadmium**, sowie in geringerem Ausmaß auch beim **Molybdän** und **Arsen**, höhere Durchschnittsgehalte als bei der landesweiten Bodenzustandsinventur auf. Die hauptsächlich dafür verantwortliche Ursache ist der höhere naturgegebene (geogene) Background.

An 126 von 141 untersuchten Standorten wurden Gehalte über den Normalwerten festgestellt. An 81 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. Überschreitungen der Höchstwerte für Alleinfuttermittel laut Richtlinie 2002/32/EG findet man beim **Blei** und **Cadmium**. Der Höchstwert für Blei im Grünfutter wird dabei aber nicht erreicht und beim Cadmium sind nur Untersuchungsstellen auf Hochalmflächen ohne oder mit nur kurzzeitiger landwirtschaftlicher Nutzung (Almweide) betroffen, was die Belastung tolerierbar macht. Zudem sind, um die bisherigen Einzelergebnisse abzusichern, in Zuge der Bodendauerbeobachtung weitere Pflanzenuntersuchungen in Arbeit.

Organische Schadstoffe:

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

Nennenswerte **DDT-Rückstände**, welche aus der ehemaligen Anwendung des Pestizids stammen, sind nur an drei Standorten feststellbar.

Belastungen mit **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** sind ein Hinweis auf Schadstoffeinträge aus Verbrennungsprozessen. Im Bezirk Liezen liegen die Schadstoffrückstände an 82 % der untersuchten Standorte im normalen Bereich ubiquitärer Belastung. Belastete Standorte findet man meist im industriellen Einflussbereich und als Folge von Einträgen über das bodenbildende Schwemmmaterial bzw. aus ehemaligen Brandereignissen.

Atrazin-Rückstände (Unkrautvernichtungsmittel) waren in den Böden des Bezirkes Liezen an drei der sechs 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 waren keine Atrazin-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.

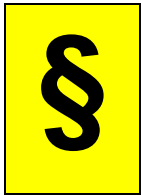
Folgende wichtige Fragestellungen des Bodenschutzes werden dabei behandelt:

- **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 bei den **organischen Schadstoffen** (chlorierte und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)?

Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Liezen

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.

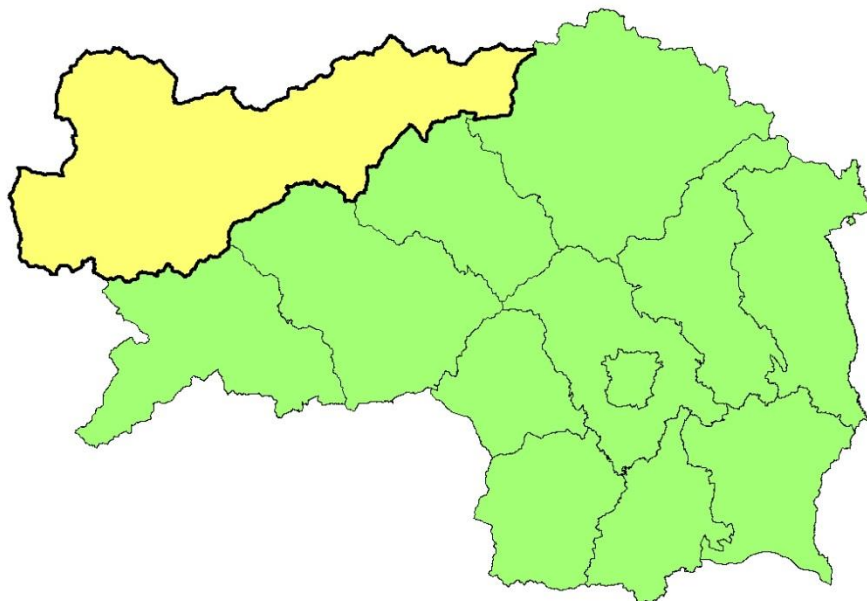


Der gesetzliche Auftrag dazu erfolgte 1987 durch das **Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzgesetz** (LGBl. Nr. 66 / 1987) und die **Bodenschutzprogrammverordnung** (LGBl. Nr. 87 / 1987).

Im Bezirk Liezen wurden in den Jahren 1986 - 2006 **141 Untersuchungsstandorte** im 4 x 4 km Rasterystem, sowie nach bodenkundlichen und umweltthematischen Kriterien eingerichtet.

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

Der vorliegende Bodenschutzbericht fasst nun die Ergebnisse aller Untersuchungen - in welche auch die bislang nicht diskutierten Ergebnisse von 40 Verdichtungsstandorten mit einfließen - zusammen und stellt so ein umfassendes Bild der Bodenzustandsinventur des Bezirks Liezen 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 Liezen ergaben sich 143 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 64 Rasterstandorten, welche es von der Bodenzustandsinventur zu erfassen galt. 23 Standorte davon fallen in nicht beprobbares Gelände, sodass letztlich nur **41 Rasterstandorte** untersucht wurden. Die Bodenprobennahmen an diesen Untersuchungsstellen wurden 1990 begonnen und im Jahre 1998 (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!

Nichttrasterstandorte:

In den Jahren 1986 – 2006 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, **100 Nichttrasterstandorte** untersucht.

In Summe wurden im Bezirk Liezen 141 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 141 Untersuchungsstandorten im Bezirk Liezen **544 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, 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 141 Untersuchungsstandorte:

Erstprobennahme	Standortbezeichnung	Anzahl der Standorte
1986	LIE 1-10	10
1990	LIA 1-11, LIB 1-10, LIC 1-10, LID 1-2, 4-10	40
1991	LID 3, LIB 11, LIC 11	3
1992	LID 11	1
1996	LIF 1-10, LIG 1-10, LIH 1-9	29
1997	LIH 10, VFF 1-3, VFG 1-11, VFH 7, 9+10	18
1998	LIX 1-30	30
2006	LIX 31-40	10

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

Standortnutzung

Verteilung der Nutzungsformen im Bezirk Liezen:

Bodenfläche nach Nutzung in ha:

Jahr (abs.)	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen	Gesamtfläche**
1981	88.182,30	169.514,09	69.338,42	327.034,81
1991	85.967,62	171.003,14	70.048,75	327.019,51
2000	83.363,29	178.115,48	65.527,28	327.006,05
2011	82.715,02	177.294,23	66.816,80	326.826,05

* inkl. Gärten und Almen

** Flächenänderungen vermessungstechnisch bedingt.

Bodenfläche nach Nutzung (% - Anteil):

Jahr (%)	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen
1981	27,0	51,8	21,2
1991	26,3	52,3	21,4
2000	25,5	54,5	20,0
2011	25,3	54,2	20,5
Steiermark gesamt (2011)	32,7	57,3	10,0

* inkl. Gärten und Almen

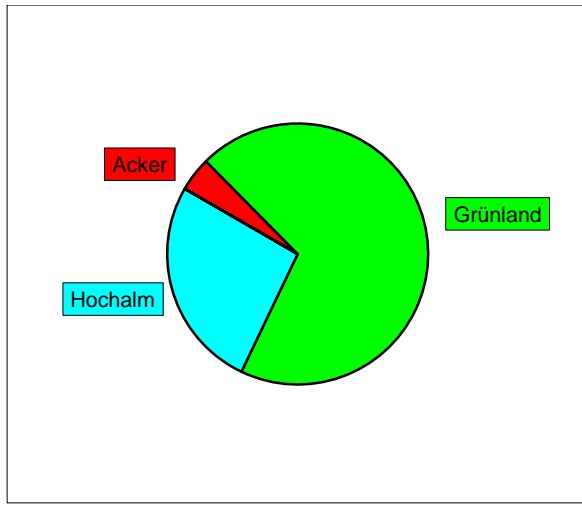
2011 wurden etwa 25 % der Bezirksfläche von Liezen landwirtschaftlich genutzt, die forstwirtschaftlich genutzte Fläche liegt bei 54 %. Die sonstigen Flächen (ca. 21 %) betreffen Gewässer, verbaute Bereiche und Gebirgslandschaften.

Aus dem Vergleich mit der Verteilung der Nutzung der gesamten Landesfläche erkennt man, dass der Bezirk Liezen deutlich von der Forstwirtschaft dominiert wird. Die landwirtschaftliche Nutzfläche ist nur etwa halb so groß.

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

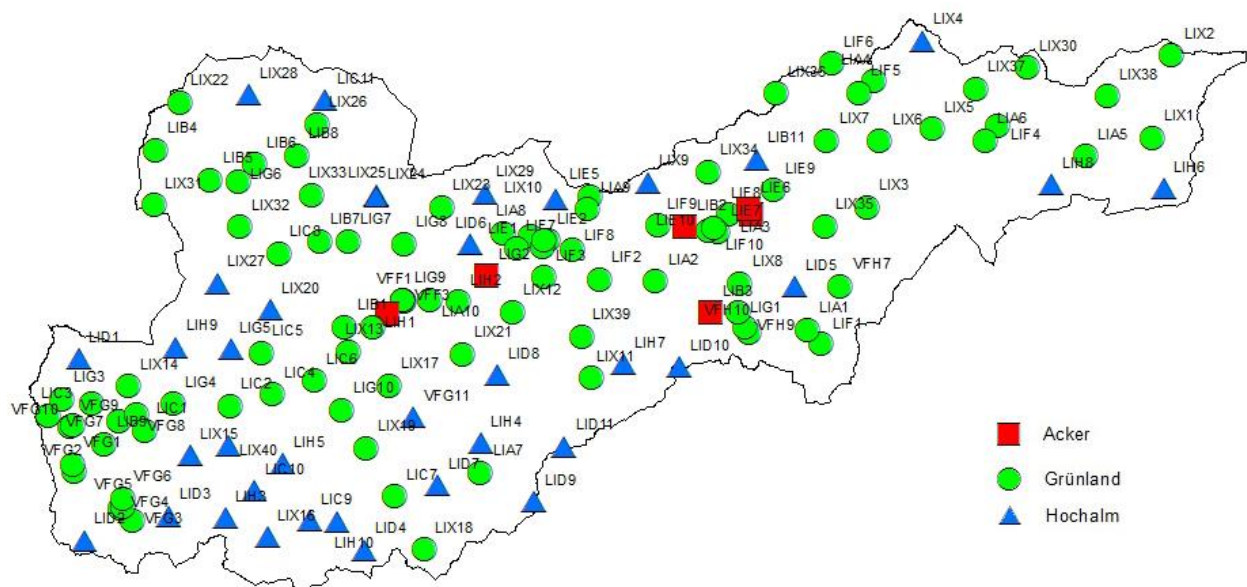
Quelle: Statistisches Bezirkssystem (STABIS) des Amtes der Steierm. Landesregierung

Die landwirtschaftliche Nutzung an den Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes:



70 % Grünland (98 Standorte)
4 % Acker (6 Standorte)
26 % Hochalm (37 Standorte)

Die Lage der Untersuchungsstandorte im Bezirk Liezen



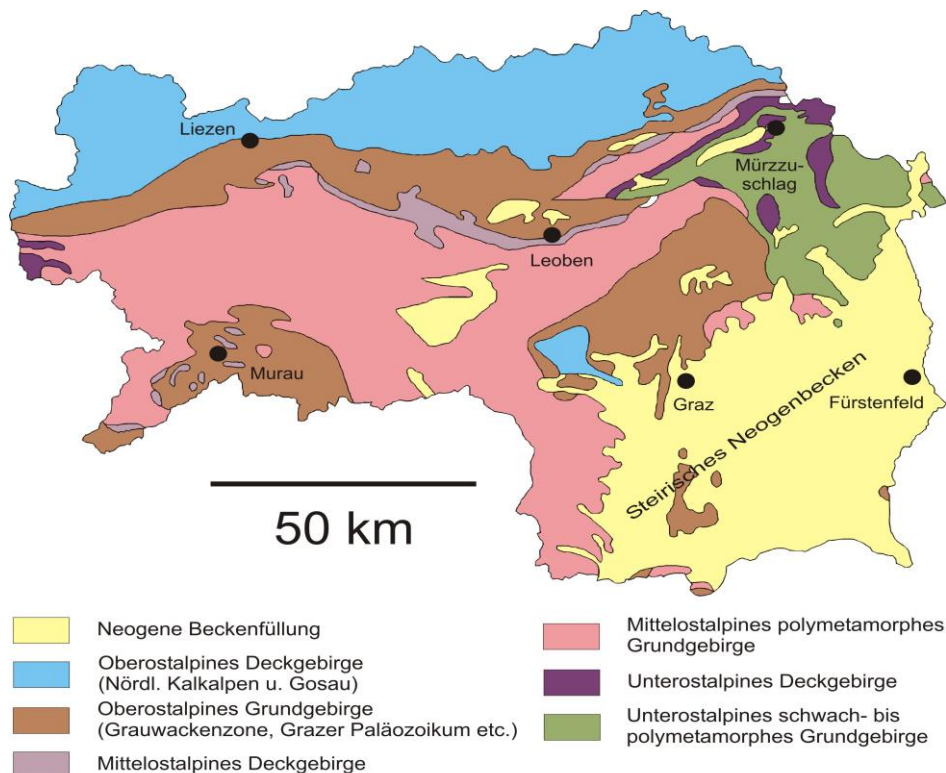
Folgende 5 Standorte sind im Laufe der letzten Jahre ausgefallen und stehen für eine Bodendauerbeobachtung nicht mehr zur Verfügung:

LIE 3, LIA 7, LIB 7, LIC 6 und LIX 16.

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, Korralpen) und Karbonatgesteine des Grazer Raumes. Eine Gliederung des Steirischen Beckens erfolgt durch die N-S verlaufende Mittelsteirische Schwelle, die durch die Bergzüge Plabutsch-Sausal- Poßruck obertägig markiert ist. Die NNE-SSW-verlaufende Südburgenländische Schwelle trennt das Steirische vom Pannonischen Becken. Durch diese Aufragungen des Untergrundes kam es zu verschiedenen Entwicklungen in den Teilbecken, die sich nicht nur in der unterschiedlichen Sedimentmächtigkeit wie zum Beispiel 800 m tiefes Weststeirisches und um 4.000 m tiefes Oststeirisches Becken dokumentieren. Die Bildung dieser Becken und die damit in Zusammenhang stehende gleichzeitige Verfüllung begann vor ca. 20 Millionen Jahren. Als Sedimente kommen Sande, alternierend mit Tonen und Kiesen, vor. Diese Abfolge begründet sich auf den Wechsel von marinen, limnischen und fluviatilen Ablagerungsmechanismen.

Die quartären Ablagerungen umfassen Bildungen der letzten 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

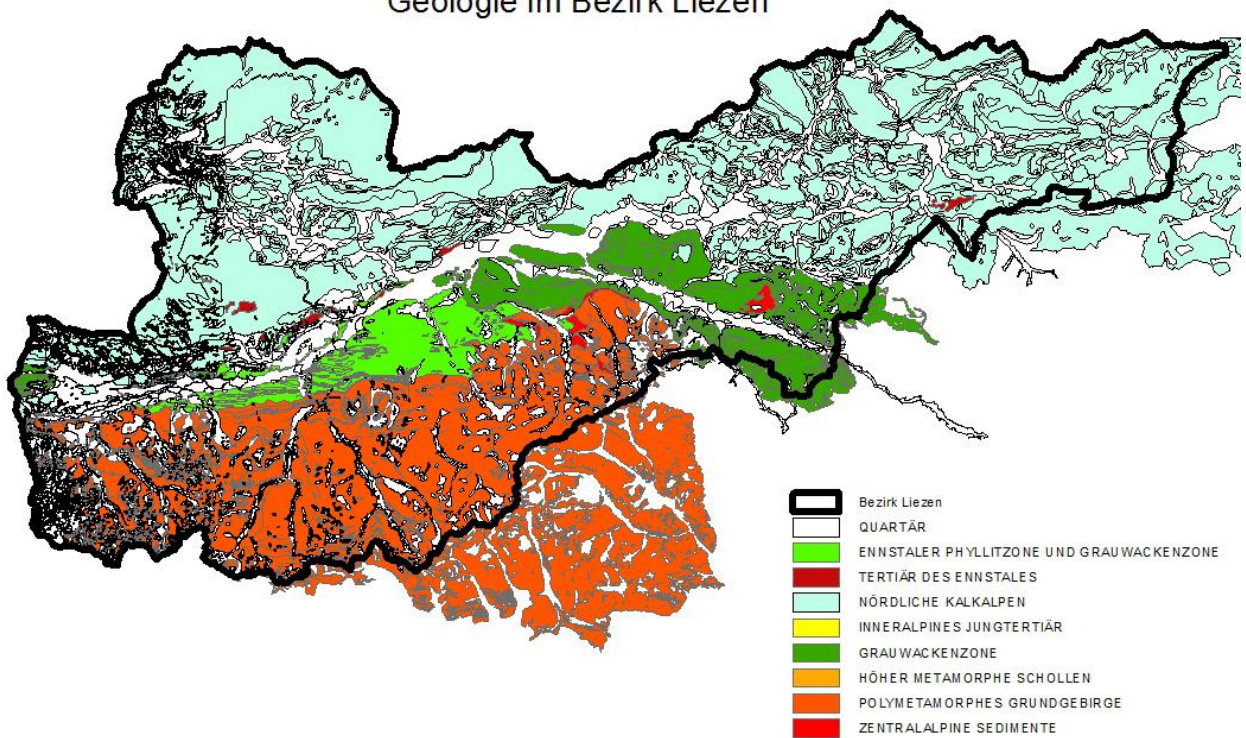
Talgletscherzungen. Außerhalb des glazialen Gebietes herrschte im Pleistozän glazifluviale bzw. rein periglaziale Morphodynamik.

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	Ottangium						
	65	Paläogen								
Mesozoikum (Erdmittelalter)	142	Kreide								
	205	Jura								
	250	Trias								
Paläozoikum (Erdaltertum)	290	Perm								
	354	Karbon								
	417	Devon								
	443	Silur								
	495	Ordovizium								
	545	Kambrium								
Präkambrium	4600									

Geologische Zeittafel
(in Millionen Jahren)

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

Geologie im Bezirk Liezen



Karte: GIS

Die geologischen Großräume im Bezirk Liezen:

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).

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 Erdalters von 250 - 545 Millionen Jahren. In der Steiermark handelt es sich um die Gebiete des Voitsberger- und Grazer Paläozoikums, sowie kleinerer Bereiche im Sausal.

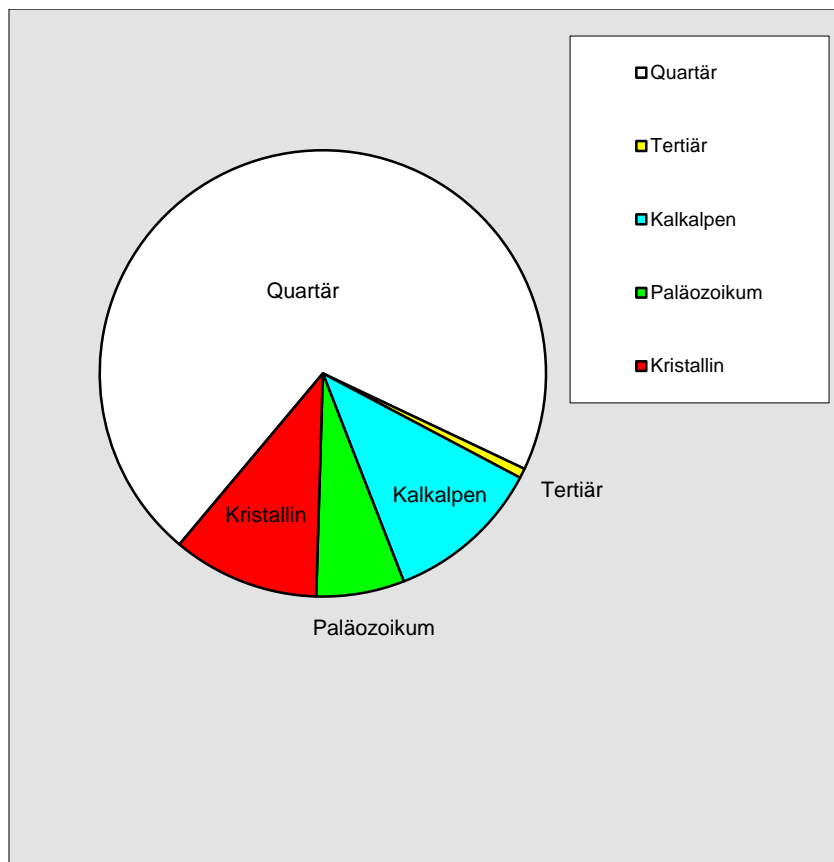
Ebenfalls aus diesem Zeitraum stammt die **Grauwackenzone** (GWZ). Ihre Gesteine sind sehr erzeich und sie erstreckt sich im Wesentlichen im Bereich zwischen den Kalkalpen und dem kristallinen Großraum.

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

Die Verteilung der 141 Standorte des Bodenschutzprogrammes hinsichtlich der geologischen Großräume:

Geologischer Großraum	Standortbezeichnung	Anzahl Standorte
Quartär	Alle übrigen Standorte.	100
Tertiär	LIX 20	1
Kalkalpen	LIA 8, LIB 11, LIC 11, LID 1 + 6, LIF 4 + 5, LIG 5, 7 + 8, LIH 6 + 8, LIX 9, 14, 25 + 31	16
Paläozoikum	LIA 1, LIC 2 + 4, LID 5, LIG 1 + 3, LIX 12 + 17, VFH 10	9
Kristallin	LIC 10, LID 2, 3, 7, 8, 9, 10 + 11, LIH 3, 4, 5, 7 + 10, LIX 15 + 40	15

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 Aurdynamik (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)

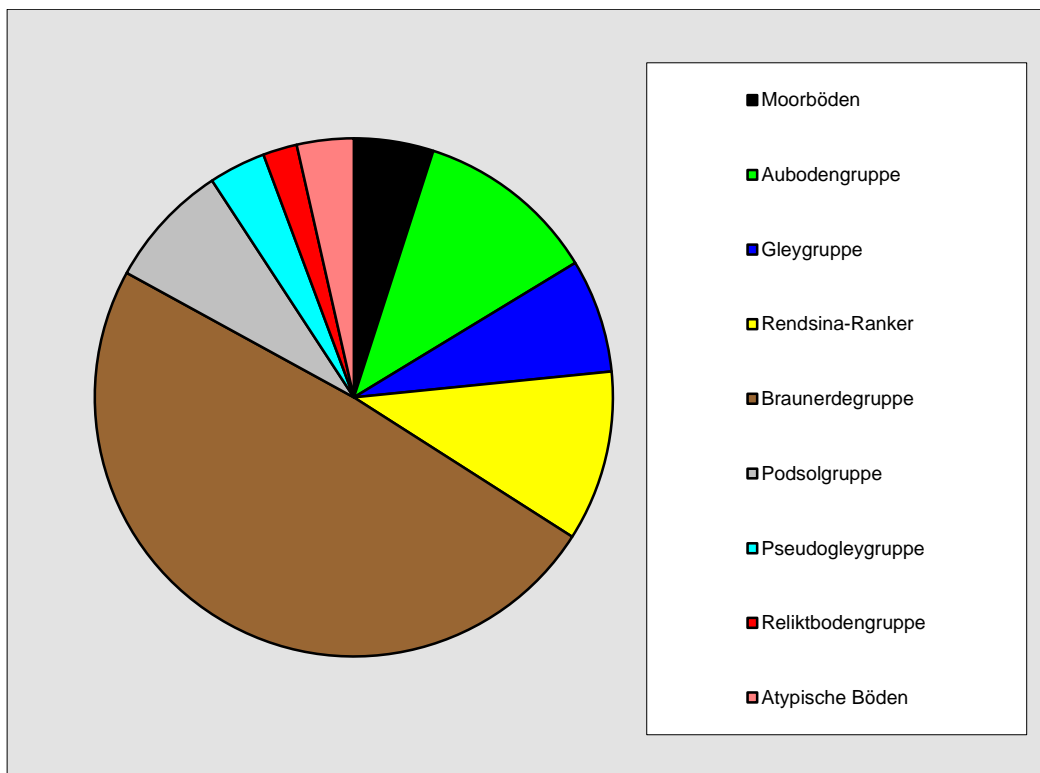
Quelle: Niederösterreichische Bodenzustandsinventur 1994.



Bodenprofil (vergleyte Lockersediment-Braunerde mit deutlicher Pflugsohle)

Die Verteilung der Bodentypengruppen der vom Bodenschutzprogramm im Bezirk Liezen erfassten Standorte:

Bodentypen	Standorte im Bodenschutzprogramm	
	Bezeichnung	Anzahl
Moorböden	LIE 2, 3 + 10, LID 4, LIC 8 LIF 6, LIX 24	7
Aubodengruppe	LIE 4 + 8, LIA 7, LIC 3, LIF 7, 8 + 9, LIG 4, LIH 1, LIX 2 +18, VFG 3, 4, 7, 8 + 10	16
Gleygruppe	LIA 6 + 10, LIB 2 + 3, LIX 13, VFG 1, 2 + 6, VFH 7 + 9	10
Rendsina – Ranker	LIA 3, LIB 7, LIC 5, LID 1 + 7, LIG 5 + 6, LIH 6 + 10, LIX 1, 6, 8, 28, 30 + 34	15
Braunerdegruppe	Alle übrigen Standorte.	69
Podsol	LIC 9, LID 2, 3 + 8, LIH 3, 4, 5, 7 + 8, LIX 15 + 20	11
Pseudogleygruppe	LIA 5, LIF 10, LIH 2, LIX 7 +32	5
Reliktbodengruppe	LIF 4, LIX 3 +4	3
Atypische Böden	LIC 4, LIG 1, LIX 14 + 16, VFG 9	5



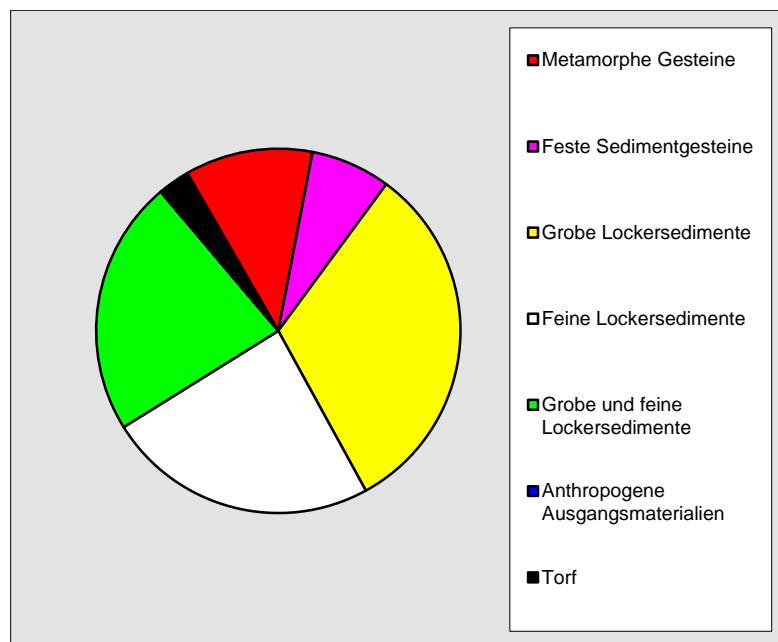
Verteilung der untersuchten Standorte des Bodenschutzprogrammes

5. Bodenbildendes Ausgangsmaterial

Nach der bundesweiten Empfehlung zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise bei Bodenzustandsinventuren werden den Böden im Bezirk Liezen folgende bodenbildenden Ausgangsmaterialien zugeordnet:

Ausgangsmaterial	Standorte	Anzahl
Vulkanite	---	0
Metamorphe Gesteine	LIA 1, LIC 2 + 4, LID 2, 5, 7, 8 + 11, LIG 1, LIH 3, 4 + 5, LIX 12, 15 + 40, VFH 10	16
Feste Sedimentgesteine	LIA 8, LIC 8, LID 1 + 6, LIG 5 + 8, LIH 6, 8 + 9, LIX 25	10
Grobe Lockersedimente	Alle übrigen Standorte.	45
Feine Lockersedimente	LIE 3, 4 + 8, LIA 4, 6 + 10, LIB 2 + 3, LIC 1 + 6, LIF 7, 8 + 9, LIG 4 + 9, LIH 1, LIX 9, 13, 20, 32, 33, 34 + 35, LIX 36, 37 + 39, VFF 1, 2 + 3, VFG 1, 2, 6 + 8, VFH 9	34
Feine und grobe Lockersedimente	LIE 1, 5, 6 + 7, LIA 3, 5, 7, 9 + 11, LIB 6, LIC 3 + 5, LIF 1, 2, 3, 6 + 10, LIX 2, 5, 8, 11, 16, 19, 22, 29 + 38, LIG 2 + 6, VFG 5, 7 + 10, VFH 7	32
Anthropogene Ausgangsmaterialien	---	0
Torf	LIE 2 + 10, LID 4, LIX 24	4

Das bodenbildende Ausgangsmaterial der im Bezirk Liezen untersuchten Standorte besteht aus metamorphen (umgewandelten) Gesteinen, Sedimentgesteinen und vier Standorten mit Torfböden.



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**:

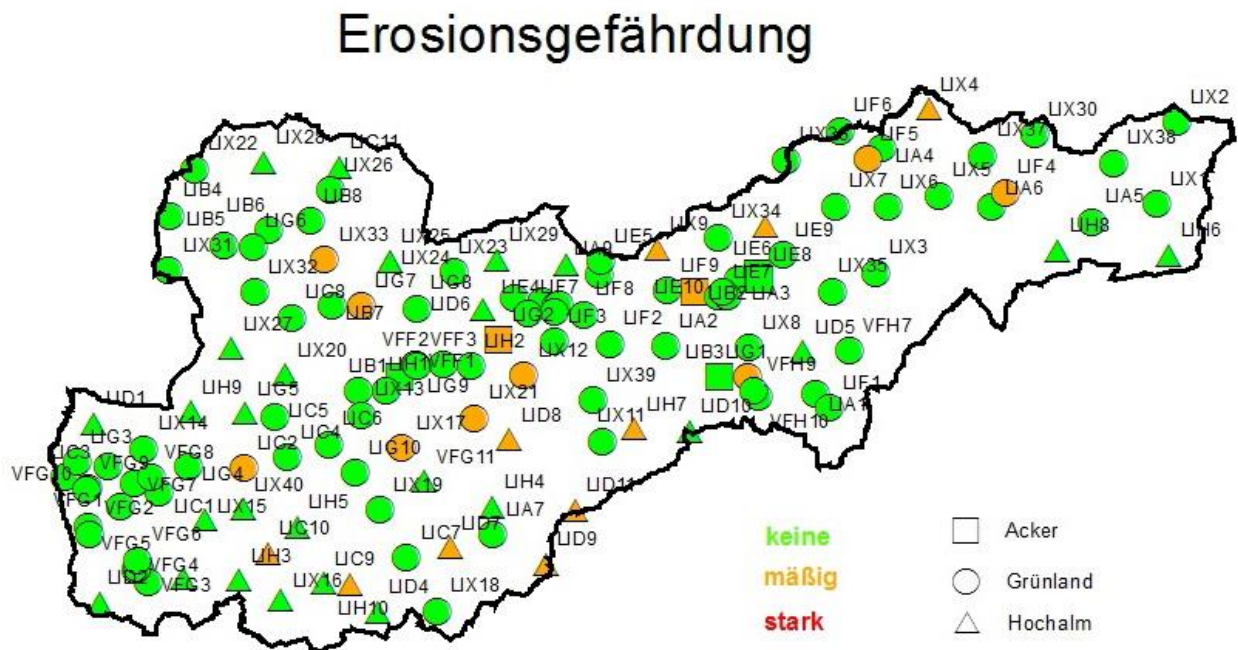
Erosionsgefährdung:	stark	mäßig	keine
Acker	> 10°	5 - 10°	0 - 4°
Wald	---	≥ 25°	0 - 24°
Grünland, Obstanlagen	---	≥ 20°	0 - 19°
Weinanlagen	---	≥ 10°	0 - 9°

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

Von den 141 Untersuchungsstellen des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Liezen sind nach dieser groben Abschätzung 21 Standorte **mäßig** erosionsgefährdet.

An den restlichen 120 Untersuchungsstandorten besteht **keine** Gefahr von Erosion.

Die Erosionsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Liezen:



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

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):

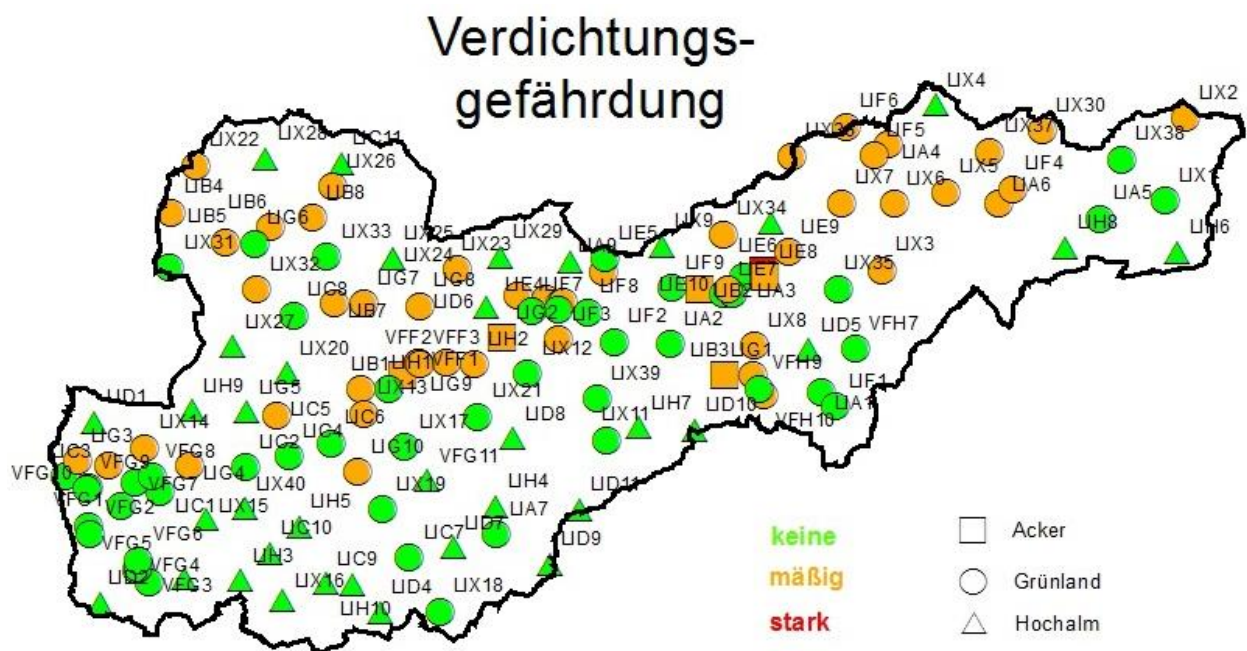
Gefahr von Bodenverdichtung:	stark	mäßig	keine
Acker	mittlere und schwere Böden	leichte Böden	---
Grünland	---	mittlere und schwere Böden	leichte Böden
Sonderkulturen	---	alle	---

Von den 141 Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Liezen ist nach dieser groben Abschätzung nur der Ackerstandort **LIE 6** **stark** verdichtungsgefährdet.

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

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

Die Verdichtungsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Liezen:



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 von Untersuchungsergebnissen erfolgt folgendermaßen:

1. Den Link „Untersuchungsergebnisse“ oder die Karte anklicken
2. Im neuen Fenster links neben Karte „Bodenschutzprogramm“ ankreuzen
3. Eventuell mit der „+“-Lupe in die Karte hineinzoomen
4. Hotlink-Werkzeug (Symbol „i“) wählen
5. Im neuen Fenster die Abfrage „Bodenschutzpunkte“ auswählen
6. Gewünschten Standort anklicken
7. In der nun erscheinenden Zeile unten „Beurteilung“ wählen
8. Im neuen Fenster der verbalen **Beurteilung** sind auch die bodenkundliche **Profilbeschreibung** und die **Analysedaten** des gewählten Standortes zugänglich.

Weitere vielfältige Informationen zum Thema Umweltschutz in der Steiermark sind im Landes-Umwelt-Informationen-System (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 2001 - 2015:

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
2014	Bezirk Bruck-Mürzzuschlag
2015	Bezirk Liezen

Anforderung von Berichten:

Frau Mag. Dr. Gertrude Billiani

Tel.: 0316-877-6651

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

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 ± 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 (Liezen)	Mediangehalte (Steiermark)	Vertrauensbereich (geschätzt)
Sand	%	27,00	35,00	2,10*
Schluff	%	51,00	48,00	2,94*
Ton	%	16,00	16,00	2,35*
Humus	%	9,75	6,15	0,95
P2O5	mg/100g	5,50	6,00	3,14
K2O	mg/100g	14,06	16,00	5,97
pH-Wert	---	5,30	5,43	0,24
CaCO ₃ > 0	%	0,25	0,20	0,09
CaKat	mg/100g	291,00	242,50	37,88
MgKat	mg/100g	30,00	24,00	5,46
KKat	mg/100g	10,00	12,00	5,37
NaKat	mg/100g	1,31	1,20	0,50
Mg	mg/100g	20,50	17,00	3,45
Bor	mg/kg	0,35	0,38	0,30
EDTA-Cu	mg/kg	6,40	5,30	1,01
EDTA-Zn	mg/kg	11,30	7,45	2,43
EDTA-Mn	mg/kg	358,50	299,50	56,36
EDTA-Fe	mg/kg	750,50	538,25	128,81
Fluor	mg/kg	0,29	0,49	0,15
Cu	mg/kg	22,60	25,13	3,49
Zn	mg/kg	98,61	94,95	11,73
Pb	mg/kg	46,60	27,44	4,06
Cr	mg/kg	41,15	39,93	5,86
Ni	mg/kg	23,60	26,35	3,33
Co	mg/kg	10,45	12,70	1,66
Mo	mg/kg	1,04	0,89	0,13
Cd	mg/kg	0,49	0,28	0,06
Hg	mg/kg	0,14	0,13	0,04
As	mg/kg	16,60	11,55	1,70
PAH-Summe	µg/kg	82,10	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 Liezen, sowie die geschätzten Vertrauensbereiche beim Mediangehalt der Steiermark.

Die Abweichungen der Durchschnittsgehalte der Böden im Bezirk Liezen von jenen der Steiermark sind überwiegend auf geogene Ursachen und nutzungsbedingte Unterschiede (höherer Grünlandanteil) 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%

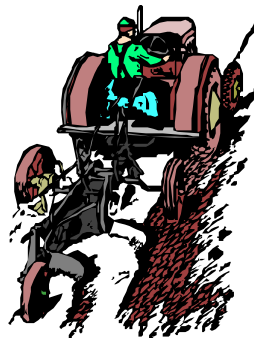
„Mittlerer“ Boden: Tongehalt: 15 - 25 %

„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:

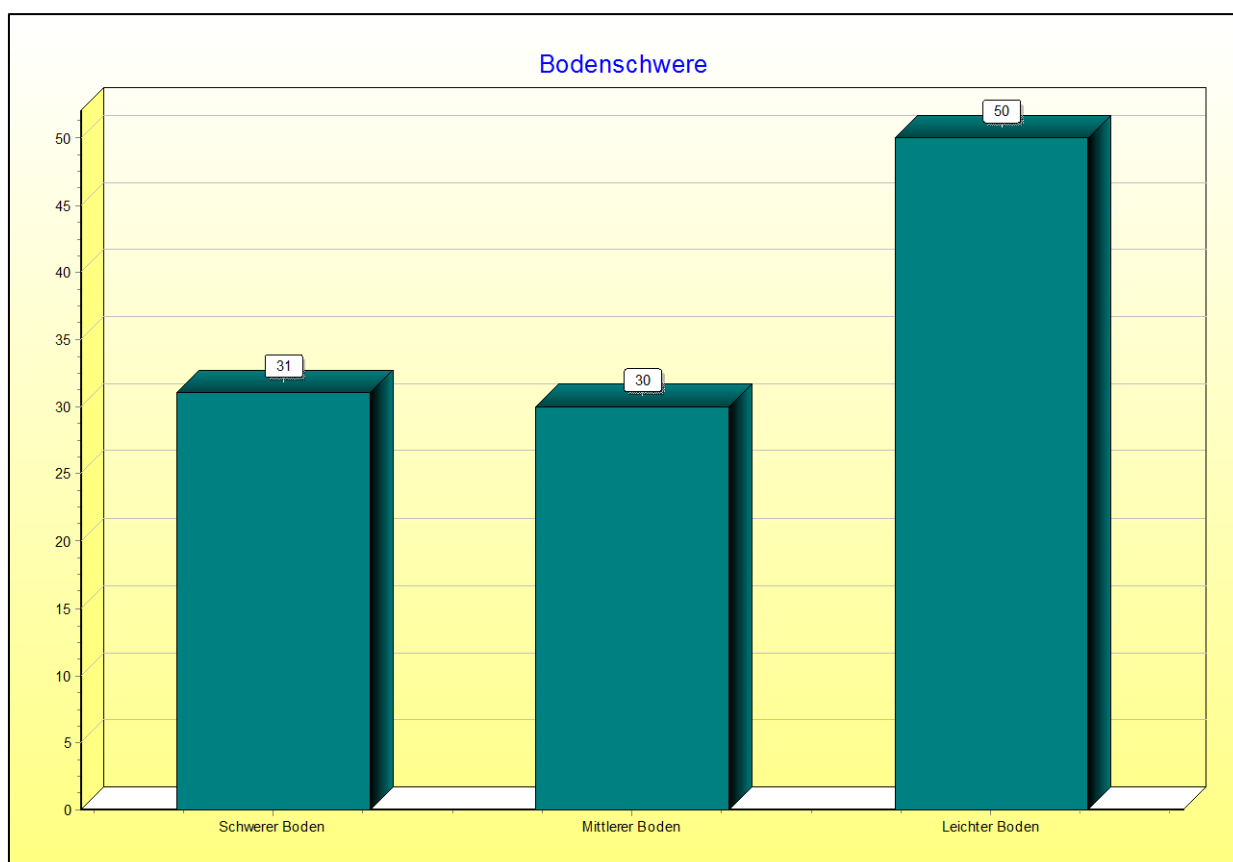
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen der **Bodenschwere** im Bezirk Liezen:

Bodenschwere	Anzahl Standorte		
	„schwer“	„mittel“	„leicht“
Grünland	24	25	40
Acker	-	1	5
Hochalm	7	4	5
Alle Standorte in LI in %	28 %	27 %	45 %
Steiermark in %	13 %	45 %	42 %

→ Im Bezirk Liezen findet man deutlich häufiger „**schwere Böden**“ als im Landesschnitt.

9 Grünland- und 21 Hochalmstandorte konnten nicht untersucht werden, da ihr Humusgehalt über 15 % liegt.

Spezielle Bodentypen: Der Standort **LIX 19** ist ein **Sandboden** mit mehr als 70 % Sandanteil; **LIE 4**, **LIX 13** und **VFG 1** sind **Schluffböden** mit mehr als 70 % Schluff; **LIG 7** und **LIX 3** sind extrem schwere **Tonböden** mit mehr als 50 % Ton. 18 Standorte sind **Lehmböden** mit einem Tongehalt zwischen 25 und 40 %. 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 Tonteilchen 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.

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

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

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

Im Grünland besteht keine Gefahr der Unterschreitung der Mindestgehalte.

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

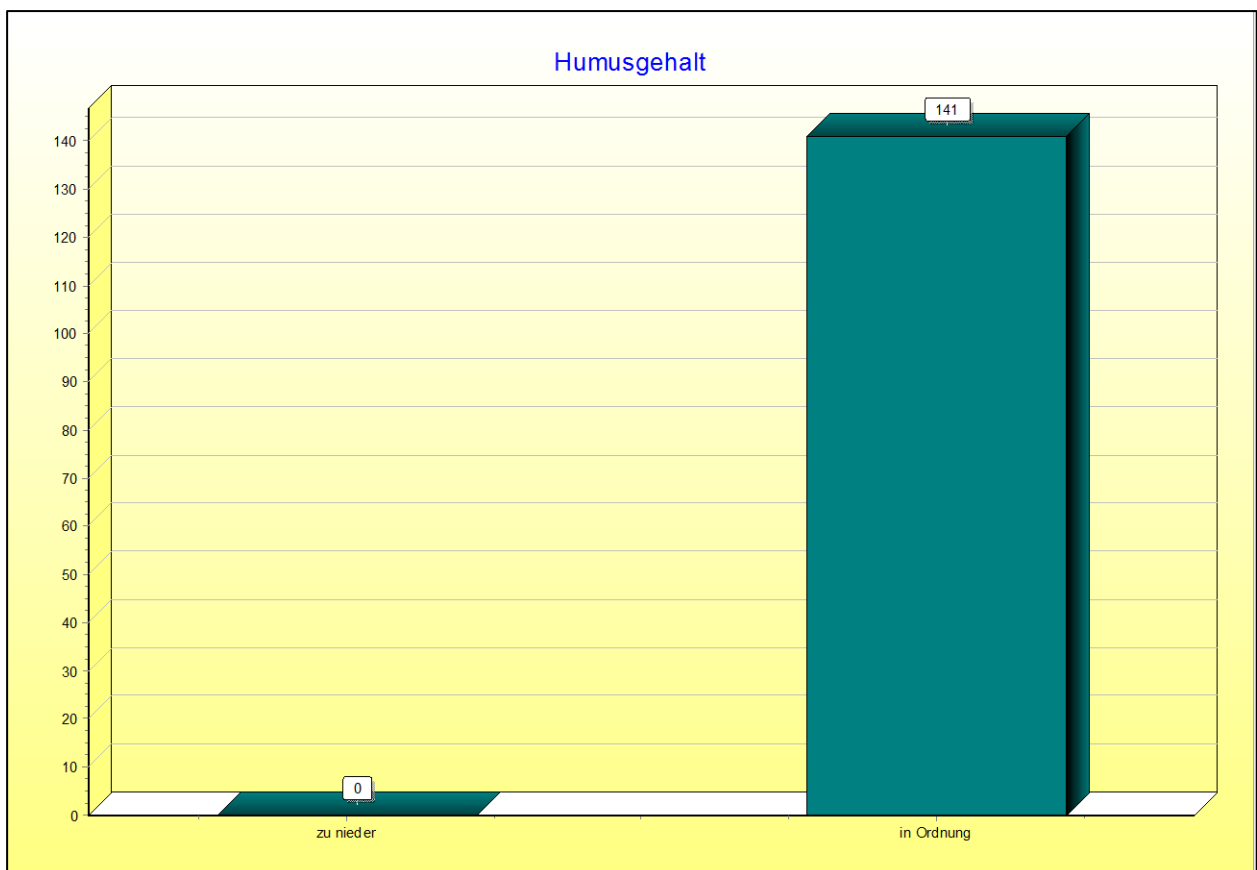
Untersuchungsergebnisse:

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

Anzahl Standorte		
Humusgehalt	„zu nieder“	„in Ordnung“
Grünland	-	98
Acker	-	6
Hochalm	-	37
Alle Standorte in LI in %	0 %	100 %
Steiermark in %	2 %	98 %

→ Der Humusgehalt aller im Bezirk Liezen 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 bodenbildendem Ausgangsmaterial ackerbaulich genutzte Böden nicht so sauer wie Grünlandstandorte. Die sauersten Böden findet man daher auf Hochalmen und Waldstandorten mit kalkfreiem bodenbildendem 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 Hochalmstandorten 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 Liezen:

Säuregrad*	Anzahl Standorte		
	„sauer“	„in Ordnung“	„basisch“
Grünland	16	42	40
Acker	3	4	-
Hochalm	30	5	2
Alle Standorte in LI in %	34 %	36 %	30 %
Steiermark in %	37 %	45 %	18 %

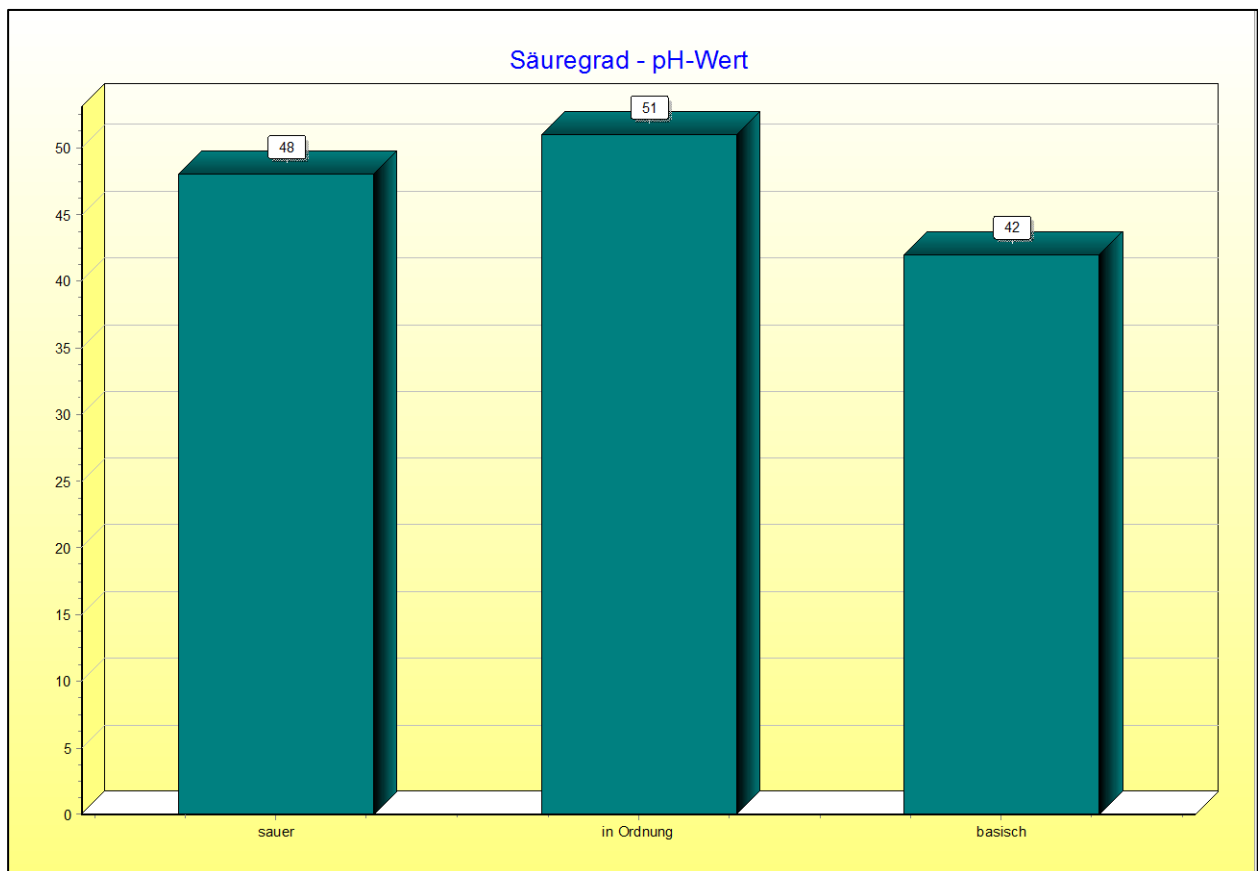
* „sauer“: Der anzustrebende Säuregrad ist nicht erreicht (Boden zu sauer).

„in Ordnung“: Der anzustrebende Säuregrad ist erreicht.

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

➔ Der Prozentsatz der als „sauer“ eingestuftten Böden im Bezirk Liezen entspricht dem Landesschnitt. Die Anzahl der „basischen“ Böden hingegen ist deutlich höher. Ursache ist der Anteil des Bezirkes am kalkalpinen Bereich.

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 Kalkgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1084 (Methode nach Scheibler).

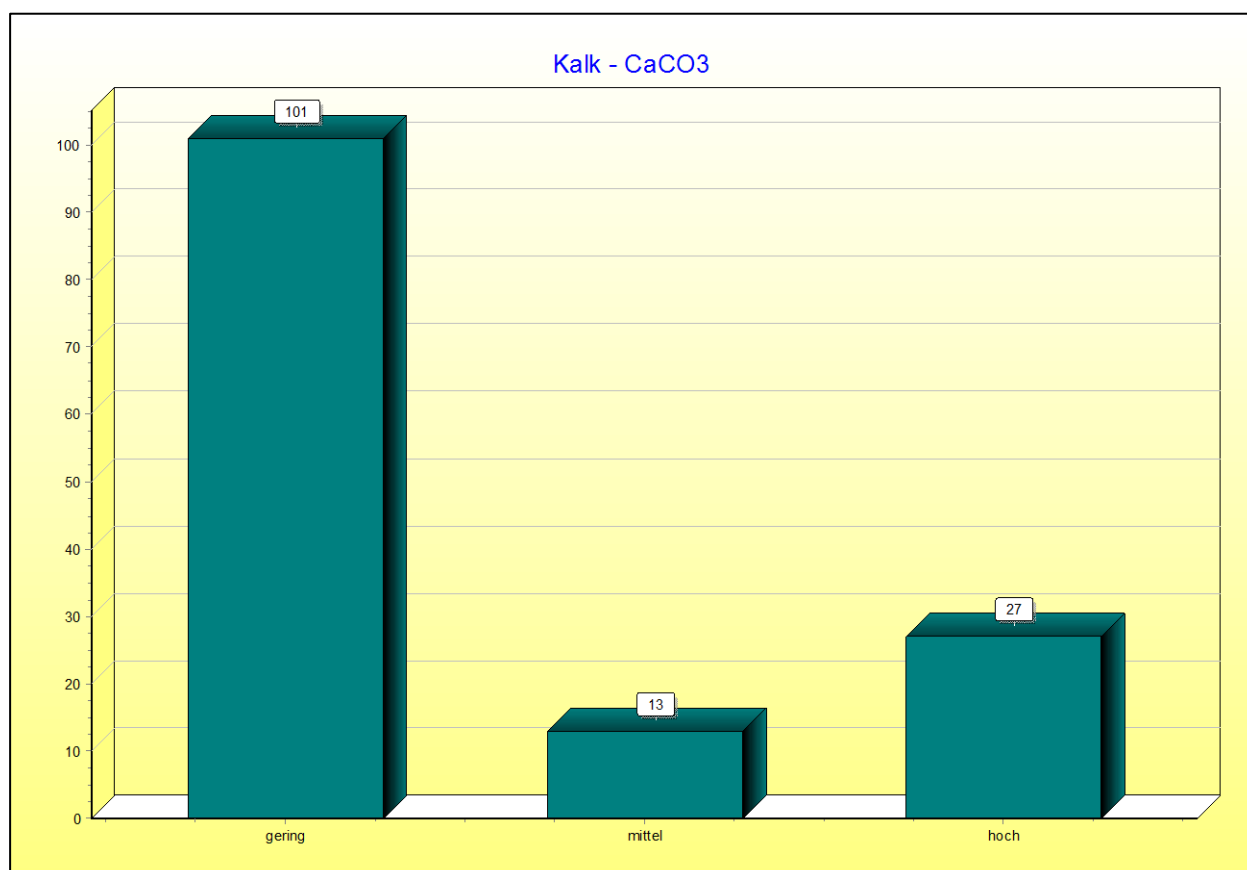
Untersuchungsergebnisse:

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

Kalkgehalt	Anzahl Standorte		
	„gering“	„mittel“	„hoch“
Grünland	63	11	24
Acker	3	2	1
Hochalm	35	-	2
Alle Standorte in LI in %	72 %	9 %	19 %
Steiermark in %	88 %	5 %	7 %

→ Im Bezirk Liezen findet man wegen des Anteils am kalkalpinen Bereich fast dreimal so viele Standorte mit „**hohem**“ Kalkgehalt als es dem Landesdurchschnitt entsprechen würde.

An den drei kalkarmen Ackerflächen **LIE 6**, **LIB 2 + 3** 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 Hochalmstandorten 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:

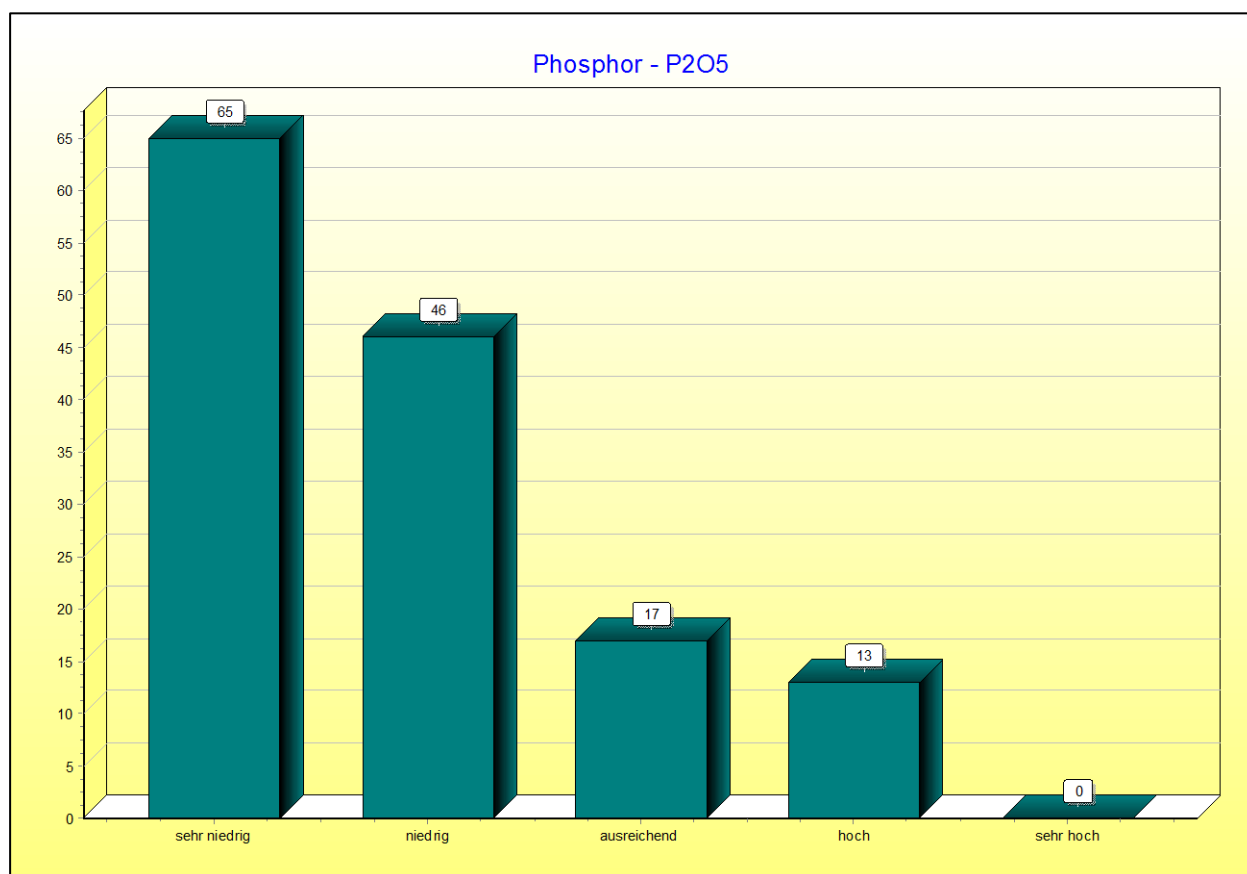
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Phosphorgehaltes** im Bezirk Liezen:

Phosphorgehalt	Anzahl Standorte				
	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	41	35	12	10	0
Acker	1	3	2	-	0
Hochalm	23	8	3	3	0
Alle Standorte in LI in %	46 %	33 %	12 %	9 %	0 %
Steiermark in %	47 %	22 %	18 %	11 %	2 %

→ Die Phosphorversorgung der Böden im Bezirk Liezen entspricht im Wesentlichen dem landesweiten Durchschnitt.

Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit **Phosphormangel** 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 Hochalmstandorten 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).

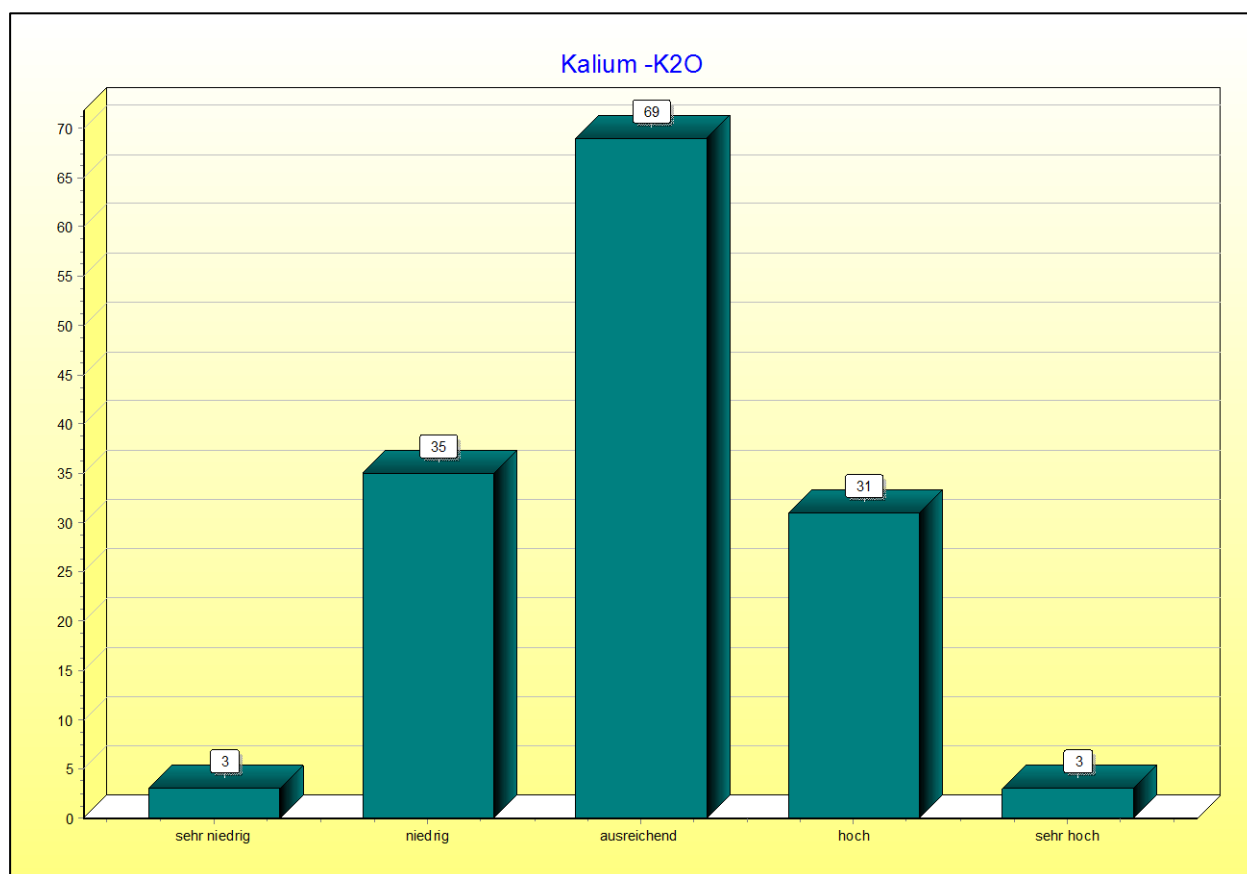
Untersuchungsergebnisse:

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

Kaliumgehalt	Anzahl Standorte				
	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	2	32	51	12	1
Acker	1	3	1	1	-
Hochalm	-	-	17	18	2
Alle Standorte in LI in %	2 %	25 %	49 %	22 %	2 %
Steiermark in %	3 %	18 %	47 %	23 %	9 %

→ Die Kaliversorgung der Böden im Bezirk Liezen stimmt tendenziell mit dem Landesdurchschnitt gut überein. 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 Hochalmstandorten einschätzen zu können, wurden ihre Gehaltsklassen denen von Grünland gleichgesetzt.

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

Untersuchungsergebnisse:

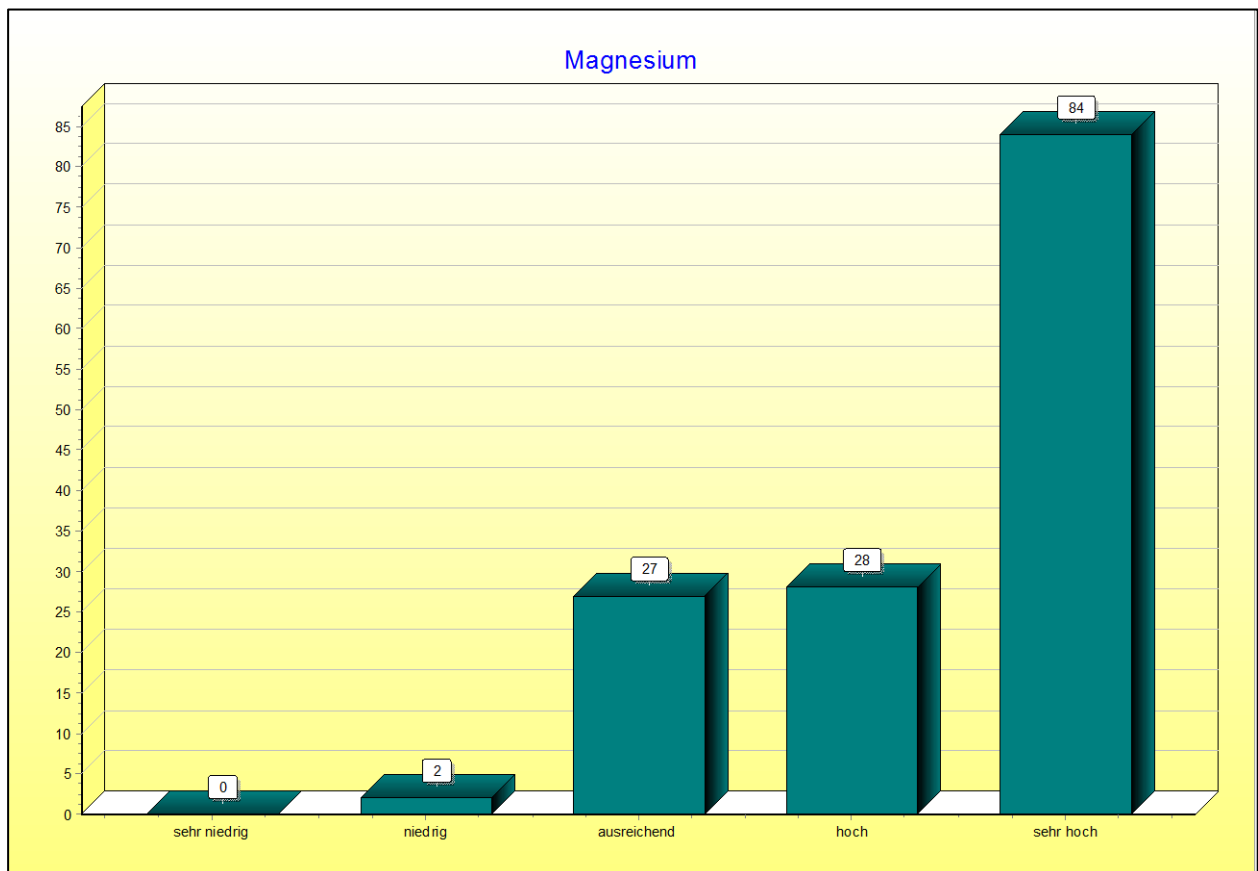
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Magnesiumgehaltes** im Bezirk Liezen:

Anzahl Standorte

Magnesiumgehalt	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	-	1	11	15	71
Acker	-	-	-	1	5
Hochalm	-	1	16	12	8
Alle Standorte in LI in %	0 %	1 %	19 %	20 %	60 %
Steiermark in %	0 %	3 %	14 %	36 %	47 %

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

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



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Magnesiumgehaltes

Bor (B):

Allgemeines:

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

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

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

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

Gehaltsstufen des Spurenelementes Bor (in mg/kg):

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

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

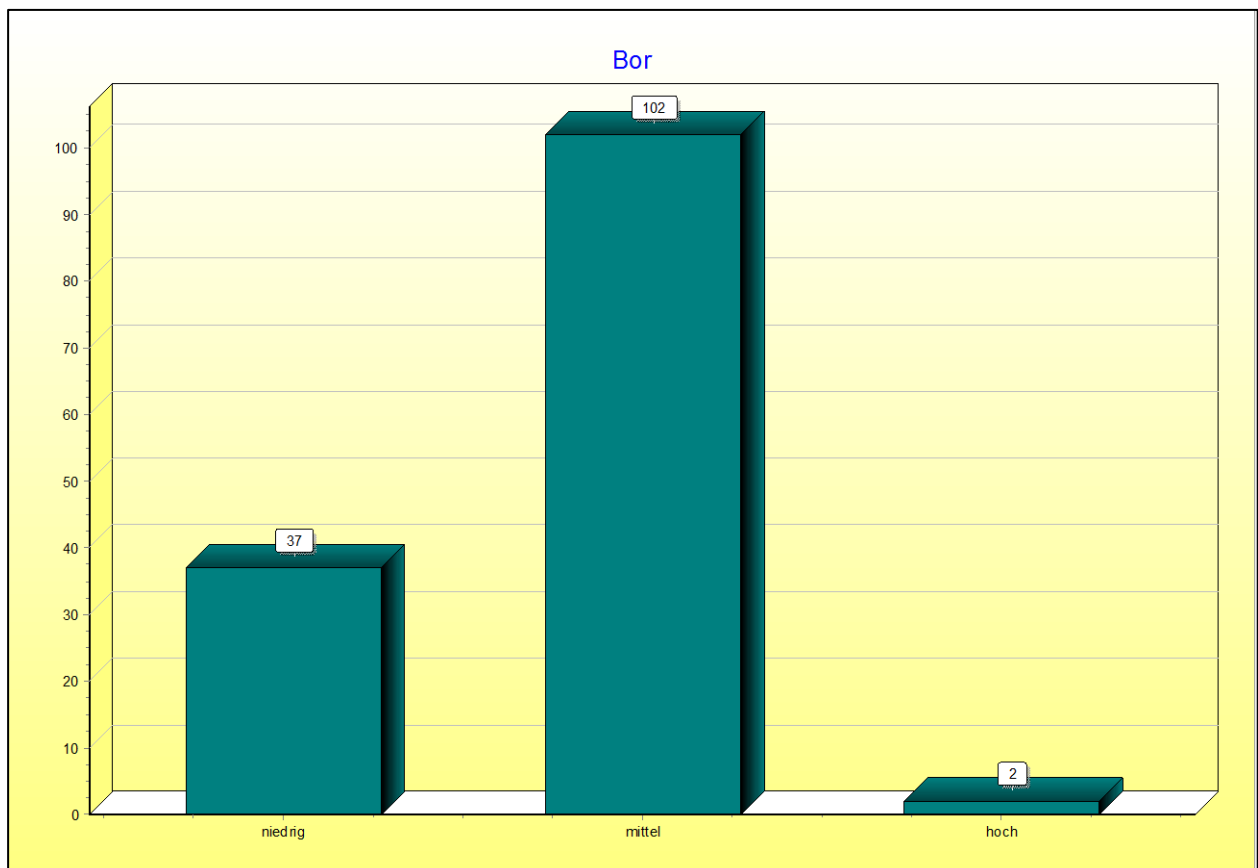
Untersuchungsergebnisse:

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

Borgehalt	Anzahl Standorte		
	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	18	78	2
Acker	-	6	-
Hochalm	19	18	-
Alle Standorte in LI in %	26 %	72 %	1 %
Steiermark in %	22 %	76 %	2 %

→ Die Borversorgung im Bezirk Liezen stimmt sehr gut mit der landesweiten Bodenzustandsinventur überein.

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



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 Liezen:

Anzahl Standorte

EDTA-Cu	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	92	6
Acker	-	6	-
Hochalm	3	34	-
Alle Standorte in LI in %	2 %	94 %	4 %
Steiermark in %	3 %	94 %	3 %

Anzahl Standorte

EDTA-Zn	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	71	27
Acker	-	6	-
Hochalm	-	26	11
Alle Standorte in LI in %	0 %	73 %	27 %
Steiermark in %	1 %	87 %	12 %

Anzahl Standorte

EDTA-Mn	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	11	87
Acker	-	-	6
Hochalm	13	12	12
Alle Standorte in LI in %	9 %	16 %	74 %
Steiermark in %	3 %	21 %	76 %

Anzahl Standorte

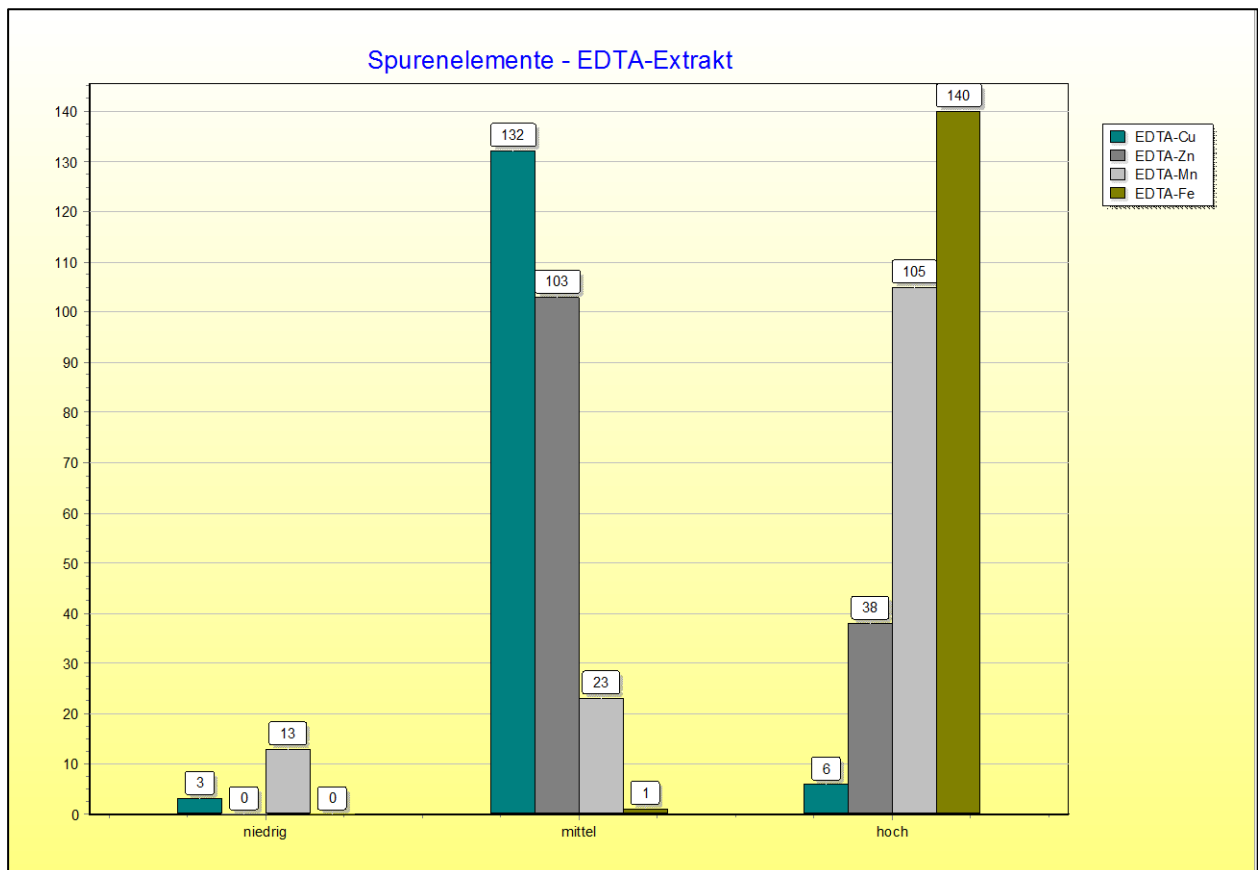
EDTA-Fe	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	-	1	97
Acker	-	-	6
Hochalm	-	-	37
Alle Standorte in LI in %	0 %	1 %	99 %
Steiermark in %	0 %	13 %	87 %

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

Beim EDTA-extrahierbarem **Kupfer** findet man an den sechs Grünlandstandorten **LIE 4**, **LIA 10** und **LIH 1**, sowie **VFG 6 + 9** und **VFH 7** hohe Gehalte, deren Herkunft bei den ersten drei Untersuchungsstellen auf das bodenbildende Schwemmmaterial der Enns und bei den letzteren auf das Erzreichtum der Region bzw. ehemalige Bergbautätigkeiten zurückzuführen ist. Die drei niedrig versorgten Hochalm-Standorte **LIH 5 + 9** und **LIX 25** sind landwirtschaftlich nicht relevant.

Die relativ große Anzahl von Standorten mit **hohen Zinkgehalten** im Bezirk ist vermutlich zum Großteil auf geogene Ursachen (bodenbildendes Ausgangsmaterial) und in geringerem Ausmaß auf anthropogene Einträge (ubiquitäre Umweltbelastung) 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 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 Liezen 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 drei Hochalmstandorten **LID 5 + 10** und **LIH 3** gestört und ohne landwirtschaftliche Relevanz.

Um auch eine **Klassifizierung der Absolutgehalte** der austauschbaren Kationen (AKat) 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

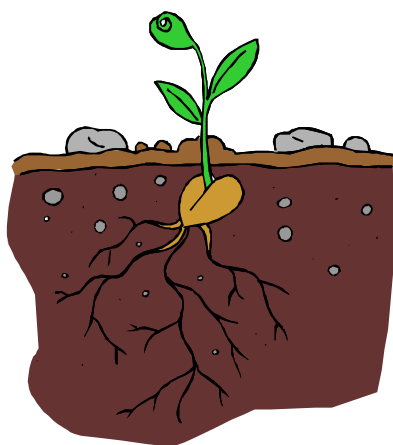
Berechnung: AKat-Summe (mval/100g) = 0,0499 x CaKat (mg/100g) + 0,0823 x MgKat (mg/100g) + 0,0256 x KKat (mg/100g) + 0,0435 x NaKat (mg/100g)

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

Gehaltsklasse AKat	Anzahl der Standorte		
	< 10 mval/100 g	10 - 25 mval/100 g	> 25 mval/100 g
Grünland	12	46	40
Acker	1	4	1
Hochalm	24	5	8
Alle Standorte in LI in %	26 %	39 %	35 %
Steiermark in %	22 %	63 %	15 %

Die Nährstoffbilanzierung im Bezirk Liezen ist verglichen mit den Ergebnissen der landesweiten Bodenzustandsinventur deutlich günstiger (mehr als doppelt so hoher Anteil an Böden mit hoher Summe an austauschbaren Kationen).

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.



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 Liezen:

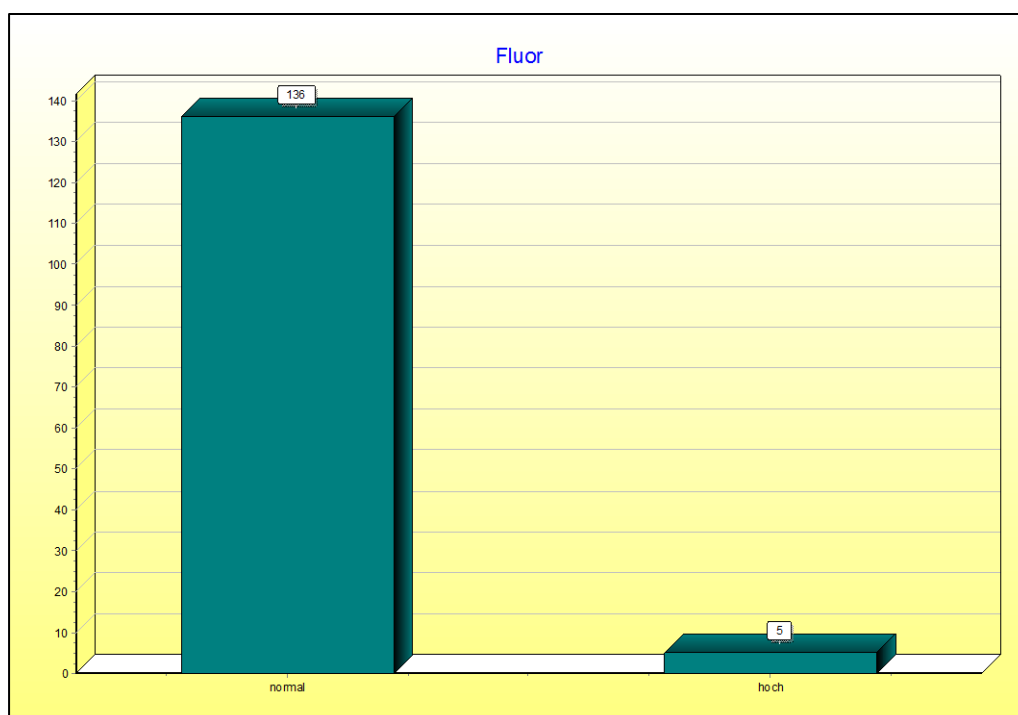
Anzahl Standorte		
Fluor (wasserlöslich)	„normal“	„über 1,2 ppm“
Grünland	96	2
Acker	3	3
Hochalm	37	-
Alle Standorte in LI in %	96 %	4 %
Steiermark in %	80 %	20 %

→ Der Vergleich der Fluorgehalte der Böden im Bezirk Liezen mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur weist seltener erhöhte Werte auf.

Die geringfügig erhöhten Gehalte an den drei Ackerstandorten **LIA 11**, **LIB 2 + 3** und dem Grünlandstandort **LIA 10** könnten aus früher verwendeten Düngemitteln stammen. Beim zweiten Grünlandstandort **VFH 9** ist zusätzlich ein Beitrag aus den Staubemissionen des nahen Magnesitwerkes in Trieben anzunehmen.

Die erhöhten Fluorwerte korrelieren nicht mit der derzeitigen Versorgung mit Phosphor oder Kalium, sodass angenommen wird, dass die Fluoreinträge eventuell auf frühere Düngemaßnahmen zurückzuführen sind. 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 (Erst- und Wiederholungsuntersuchung im Folgejahr) und Bodenhorizonte berücksichtigt.

Richtwertüberschreitungen im Bezirk Liezen:

Standort	Normalwert-Überschreitungen	Grenzwert-Überschreitungen*
LIE 1	Cd	
LIE 2	Pb, Hg, Cd	
LIE 3	Pb, Cr, Mo, Hg, Cd	As
LIE 4	Cu	As
LIE 6	Mo, As	As
LIE 7	Cu, Mo, Cd, Hg, As	As
LIE 8	Pb	As
LIE 9	Pb, Cd	As
LIE 10	Pb, Mo, Cd	As
LIA 1	As	As
LIA 4	Mo, Cd	
LIA 5	Zn, Pb, Cd	As
LIA 6	Cr, Ni, Cd	Cr, Ni
LIA 8	Hg	
LIA 9	Mo	As
LIA 10	Cu, Pb, Cd, As	As
LIA 11	Mo, Cd	
LIB 2		As
LIB 3	As	As
LIB 4	Zn, Pb, Mo, Cd	
LIB 5	Pb, Cd	
LIB 6	Zn, Pb, Mo, Cd	As
LIB 7	Cd	
LIB 8	Mo, Cd	
LIB 9	Pb, Cd	As
LIB 10	Cd	
LIB 11	Zn, Pb, Cd	Zn, Pb, Cd
LIC 1	Mo, Cd, As	As
LIC 2	Cr, Ni	Cr, Ni
LIC 3	Cd	
LIC 5	Zn, Pb, Cd	
LIC 6		As
LIC 7	As	As
LIC 8	Pb, Cd	As
LIC 9	Pb	
LIC 10	Pb, Cd, As	As

Standort	Normalwert-Überschreitungen	Grenzwert-Überschreitungen*
LID 1	Pb, Cd	As
LID 2	Pb	Pb
LID 3	Pb, Cd	Pb
LID 4	Pb, Mo, Cd	
LID 5	Pb, Cd	
LID 6	Cd	
LID 7	Pb, Cd	Pb
LID 8	Pb, Cd, As	As
LID 9	Pb, Cd	Pb
LID 10	Pb	Pb, As
LID 11	Pb, Mo, Cd	
LIF 1	Mo	
LIF 2	Cu, As	Ni, As
LIF 3	Cd	Ni, As
LIF 5	Cd	
LIF 6	Mo, Cd	
LIF 7		As
LIF 8		As
LIF 10	Hg	As
LIG 1	Mo	
LIG 2	Ni, Mo	Ni, As
LIG 3	As	As
LIG 4	Cr, Ni, As	Cr, Ni, As
LIG 5	Zn, Pb, Cd, As	Pb, Cd, As
LIG 6	Zn, Pb, Mo, Cd	
LIG 7	Cd	
LIG 8	Cd	
LIG 9	Cr, Ni, Mo, Cd	Cr, Ni
LIH 1	Cu	As
LIH 2		As
LIH 3	Pb, Cr	Cr
LIH 4	Pb	Pb
LIH 5	Pb, Cd	As
LIH 6	Zn, Pb, Hg, Cd	Pb, Cd
LIH 7	Pb	
LIH 8	Pb, Cd	Pb, Ni, Cd
LIH 9	Pb, Cd	
LIH 10	Pb, Cd	
VFF 1	Cu, Cr, Ni, Co, Mo, Cd	Cr, Ni
VFF 2	Cr, Ni, Co, Mo, Cd	Cr, Ni
VFF 3	Pb, Cr, Mo, Cd	As
VFG 1	Pb, Mo	
VFG 2	Pb, Mo, Hg	
VFG 3	Pb, As	Pb, As
VFG 4	Pb, As	Pb, As
VFG 5	Pb, Mo, As	Pb, As
VFG 6	Cu, Zn, Pb, Mo, Hg, Cd, As	Pb, As
VFG 7	Pb	As
VFG 8	Pb	Pb, As
VFG 9	Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Hg, Cd, As	Cu, Zn, Pb, Ni, As
VFG 10	Pb	As
VFG 11	Pb, As	Pb, As

Standort	Normalwert-Überschreitungen	Grenzwert-Überschreitungen*
VFH 7	Cu, Hg	Cu, As
VFH 9	Mo	
VFH 10	Pb, Cr, Mo, Cd	Cr, As
LIX 1	Zn, Pb, Cd	
LIX 2	Cd	
LIX 3	Zn, Pb, Cd	
LIX 4	Pb, Ni, Cd	Ni
LIX 5	Mo, Cd	
LIX 6	Mo, Cd	
LIX 8	Pb, Cd	
LIX 9	Zn, Pb, Cd	Pb, As
LIX 10	Pb, Cd	As
LIX 12	Cu, Mo	Ni, As
LIX 13	As	As
LIX 15	Pb, As	Pb, As
LIX 16	Mo	As
LIX 17	Pb, Cr, As	Cr, Ni, As
LIX 19		As
LIX 21	Cr	Ni
LIX 22	Pb, Cd	
LIX 23	Pb, Cd	
LIX 24	Pb, Cd	Pb, Cd
LIX 25	Zn, Pb, Mo, Cd	Zn, Pb, Cd, As
LIX 26	Pb, Cd	
LIX 27	Zn, Pb, Cd	Pb, Cd
LIX 28	Zn, Pb, Cr, Mo, Cd	Pb, As
LIX 29	Zn, Pb, Cr, Cd	Cd
LIX 30	Mo, Cd	
LIX 31	Zn, Pb, Hg, Cd	Pb, Cd
LIX 32	Cd	
LIX 33	Cd	
LIX 34	Pb, Hg, Cd	
LIX 35	Cd	
LIX 36	Cd	
LIX 37	Zn, Pb, Ni, Mo, Cd	Ni, As
LIX 38	Zn, Pb, Cd	Cd
LIX 39		As
LIX 40	As	As

* Da die Bodenprobennahmen vor 2007 erfolgten, werden auch die damals gültigen Grenzwerte (vor der Novellierung am 31. 10. 2007) zur Beurteilung herangezogen (vergleiche Seite 55).

Im Bezirk Liezen findet man an 126 von 141 untersuchten Standorten (89 %) Überschreitungen der Normalwerte (Vergleich Steiermark: 46 %). Bei den Grenzwertüberschreitungen sind in Liezen 57 % (81 Standorte) gegenüber 37 % bezogen auf die gesamte Steiermark belastet.

Damit liegt der Anteil der Schwermetall-belasteten Böden im Bezirk Liezen weit über dem Landesdurchschnitt. Die Ursache liegt hauptsächlich in der erhöhten geogenen Grundbelastung zu der sich die übliche ubiquitäre Umweltbelastung addiert. 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	1,00	2,20	2,10
Maximum	541,00	815,00	309,50
Mittelwert	28,86	30,60	28,47
Median LI	22,60	21,30	24,30
Median - Steiermark	25,13	24,60	25,30

Die durchschnittlichen Kupfergehalte der untersuchten Böden im Bezirk Liezen liegen etwas niedriger 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 10 Standorten (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) festgestellt. An fast allen Standorten kann von einer überwiegend geogenen Herkunft ausgegangen werden. Eine Ausnahme bildet der Grünlandstandort **VFG 9**, der ein Planieboden mit Schmelzresten aus der ehemaligen Bergbautätigkeit bei Schladming ist. Und am Grünlandstandort **LIA 10** ist ein anthropogener Anteil aus der Gülleaufbringung möglich.

An den beiden ehemaligen Bergbaustandorten **VFG 9** und **VFH 7** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Kupfer überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 71 f.).

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	5,00	6,80	4,60
Maximum	420,68	608,00	251,70
Mittelwert	107,74	100,63	80,62
Median LI	98,61	91,00	76,20
Median - Steiermark	94,95	85,40	77,40

Die durchschnittlichen Zinkgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Liezen sind gegenüber jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur erhöht. Die höchsten Gehalte findet man in den Böden der Hochalmstandorte des kalkalpinen Bereiches. Hohe geogene Gehalte an Zink, Blei und Cadmium sind ein naturgegebenes Charakteristikum der nördlichen Kalkalpen (Vergleiche Seite 69). Auch der Planieboden **VFG 9** im ehemaligen Bergbauggebiet Schladming weist im Mittelboden hohe Zinkgehalte aus den eingearbeiteten Schmelzrückständen auf.

Anders als beim Kupfer findet man beim Zink zusätzlich zum geogenen Grundgehalt häufig Anreicherungen im Oberboden, welche auf anthropogene Einflüsse (Industrie, Verkehr, ubiquitäre Umweltbelastung) schließen lassen.

An 25 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) findet man **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 160 ppm).

An den beiden Hochalmstandorten **LIB 11** und **LIX 25** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 300 ppm Zink überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 71 f.).

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	12,70	0,00	0,00
Maximum	956,80	2032,00	434,00
Mittelwert	67,36	59,37	28,19
Median LI	46,60	31,90	20,40
Median - Steiermark	27,44	21,60	15,45

Die durchschnittlichen Bleigehalte der untersuchten Böden im Bezirk Liezen sind gegenüber jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur erhöht. Die höchsten Gehalte findet man in den erzeichen Böden der Niederen Tauern und im kalkalpinen Bereich. Hohe geogene Gehalte an Zink, Blei und Cadmium, sind ein naturgegebenes Charakteristikum der nördlichen Kalkalpen (Vergleiche Seite 69).

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

An 76 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) findet man **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 50 ppm).

An 23 Standorten (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) ist auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Blei überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 71 f.).

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	2,30	2,60	3,00
Maximum	366,10	335,50	483,40
Mittelwert	43,81	45,18	46,16
Median LI	41,15	40,80	39,00
Median - Steiermark	39,93	39,70	40,60

Die durchschnittlichen Chromgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Liezen sind mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur sehr gut vergleichbar.

Anreicherungen im Oberboden - als Hinweis für mögliche anthropogene Einträge - sind beim Chrom ähnlich dem Kupfer selten. Nur an den beiden Standorten **VFH 10** und **LIX 17** sind Einträge aus dem Magnesitwerk Trieben bzw. der ehemaligen Hütte Walchen denkbar. Die geringfügigen Anreicherungen im Oberboden an den beiden Standorten **LIX 21 + 28** sind derzeit nicht erklärbar.

An 15 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 80 ppm). Die Herkunft des Schadstoffes ist in den meisten Fällen rein geogen erklärbar.

An den 9 Standorten **LIA 6**, **LIC 2**, **LIG 4 + 9**, **LIH 3**, **VFF 1 + 2**, **VFH 10** und **LIX 17** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Chrom überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 71 f.).

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	1,50	1,90	1,60
Maximum	404,30	904,00	616,80
Mittelwert	30,38	38,62	39,24
Median LI	23,60	26,90	31,10
Median - Steiermark	26,35	28,80	31,00

Die durchschnittlichen Nickelgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Liezen sind mit jenen der landesweiten Bodenzustandsinventur gut vergleichbar.

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 nach unten hin steigenden Gehaltsverteilung erkennbar.

An 10 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 70 ppm).

Der gesetzliche Grenzwert von 60 ppm Nickel ist an 18 Standorten (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) überschritten, sodass auch hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 71 f.).

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	0,00	0,40	0,30
Maximum	34,80	41,80	32,40
Mittelwert	11,66	12,77	13,57
Median LI	10,45	11,90	14,10
Median - Steiermark	12,70	13,60	14,50

Die durchschnittlichen Kobaltgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Liezen sind geringfügig niedriger als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur.

Anreicherungen im Oberboden - als Hinweis für mögliche anthropogene Einträge - konnten auch beim Kobalt nicht festgestellt werden. Das Vorkommen des Schwermetalls in der Umwelt ist daher ausnahmslos auf eine natürliche, geogene Herkunft zurückzuführen. Dies ist in der obigen Tabelle gut aus den zum unteren Horizont hin zunehmenden Gehalten erkennbar.

An 7 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 30 ppm).

Der gesetzliche Grenzwert von 50 ppm Kobalt wird an keinem der Untersuchungsstandorte überschritten.

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	0,25	0,17	0,07
Maximum	3,22	3,28	4,41
Mittelwert	1,10	1,03	0,97
Median LI	1,04	0,94	0,78
Median - Steiermark	0,89	0,75	0,66

Die durchschnittlichen Molybdängehalte der untersuchten Böden im Bezirk Liezen sind etwas höher als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur. Dies ist in den Unterböden auf einen erhöhten geogenen Background und im Oberboden zusätzlich auf anthropogene Einträge zurückzuführen. Letztere sind aus der Profilanalyse beim Molybdän häufig ableitbar und auch in den zum Oberboden hin ansteigenden Werten der Durchschnittsgehalte in der obigen Tabelle gut erkennbar. Ursache sind vermutlich Fernverfrachtungen aus der eisenverarbeitenden Industrie.

An 36 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) 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.

Der gesetzliche Grenzwert von 10 ppm Molybdän wird an keinem der Untersuchungsstandorte überschritten.

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 Cadmumeintrag 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	0,16	0,04	0,00
Maximum	8,88	8,27	3,30
Mittelwert	0,78	0,63	0,39
Median LI	0,49	0,30	0,23
Median - Steiermark	0,28	0,17	0,10

Die durchschnittlichen Cadmiumgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Liezen sind deutlich höher als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur. Die höchsten Gehalte findet man in den Böden der Hochalmstandorte des kalkalpinen Bereiches. Hohe geogene Gehalte an Zink, Blei und Cadmium, sind ein naturgegebenes Charakteristikum der nördlichen Kalkalpen (Vergleiche Seite 69).

An einem überwiegenden Anteil der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse anthropogene Einflüsse (Industrie, Verkehr, etc.) ableitbar, was die Rolle des Cadmiums als ubiquitären Umweltschadstoff beweist und am Anstieg der Gehalte zum Oberboden hin in der obigen Tabelle deutlich ersichtlich ist.

An 80 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) 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.

An 10 Standorten (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) ist auch der gesetzliche Grenzwert von 2 ppm Cadmium überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 71 f.).

Quecksilber (Hg):

Allgemeines:

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Quecksilber (Hg) Normalwert: 0,3 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,03	0,02	0,01
Maximum	0,73	0,71	0,55
Mittelwert	0,16	0,14	0,11
Median LI	0,14	0,11	0,09
Median - Steiermark	0,13	0,10	0,08

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

Fallweise sind beim Quecksilber Anreicherungen im Oberboden (anthropogene Einflüsse), insbesondere im Raum Liezen und Admont, feststellbar. Dies ist auch aus den zum Oberboden hin leicht ansteigenden Werten der Durchschnittsgehalte in der obigen Tabelle erkennbar. Eine eindeutige Zuordnung zu einem Emittenten ist aber nicht möglich.

An 17 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) findet man **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 0,3 ppm). Die Ursache der erhöhten Quecksilbergehalte ist meist auf den geogenen Anteil an natürlichen Quecksilbererzen, der fallweise von nicht zuordenbaren anthropogenen Einträgen überlagert wird, zurückzuführen.

Der gesetzliche Grenzwert von 1 ppm Quecksilber wird an keinem der Untersuchungsstandorte überschritten.

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	1,20	1,00	0,50
Maximum	129,60	788,00	131,30
Mittelwert	21,77	28,31	21,68
Median LI	16,60	17,40	16,50
Median - Steiermark	11,55	12,20	12,30

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

Anreicherungen im Oberboden - als Hinweis für mögliche anthropogene Einträge - sind beim Arsen selten. Das Vorkommen des Schwermetalls in der Umwelt ist fast ausnahmslos auf eine natürliche, geogene Herkunft zurückzuführen. Dies ist in der obigen Tabelle aus der gleichmäßigen Gehaltsverteilung in den untersuchten Bodenhorizonten erkennbar.

An 22 Untersuchungsstellen (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 40 ppm).

An 61 Standorten (siehe Tabellen auf den Seiten 56-58) ist der internationale Richtwert von 20 ppm Arsen überschritten, sodass hier der Pflanzenbewuchs untersucht wurde (Resultate siehe Seiten 71 f.).

Zusammenfassung: Schwermetallgehalte im Bezirk Liezen

Durchschnittsgehalte der Schwermetalle in den drei Bodenhorizonten:

Kupfer (Cu)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3	Zink (Zn)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Bezirk LI	22,60	21,30	24,30	Bezirk LI	98,61	91,00	76,20
Steiermark	25,13	24,60	25,30	Steiermark	94,95	85,40	77,40

Blei (Pb)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3	Chrom (Cr)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Bezirk LI	46,60	31,90	20,40	Bezirk LI	41,15	40,80	39,00
Steiermark	27,44	21,60	15,45	Steiermark	39,93	39,70	40,60

Nickel (Ni)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3	Kobalt (Co)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Bezirk LI	23,60	26,90	31,10	Bezirk LI	10,45	11,90	14,10
Steiermark	26,35	28,80	31,00	Steiermark	12,70	13,60	14,50

Molybdän (Mo)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3	Cadmium (Cd)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Bezirk LI	1,04	0,94	0,78	Bezirk LI	0,49	0,30	0,23
Steiermark	0,89	0,75	0,66	Steiermark	0,28	0,17	0,10

Quecksilber (Hg)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3	Arsen (As)	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Bezirk LI	0,14	0,11	0,09	Bezirk LI	16,60	17,40	16,50
Steiermark	0,13	0,10	0,08	Steiermark	11,55	12,20	12,30

Horizont 1-2-3: Ober-Mittel-Unterboden

Der Bezirk Liezen weist insbesondere bei den Schwermetallen **Blei** und **Cadmium** höhere Durchschnittsgehalte auf als jene der landesweiten Bodenzustandsinventur. Auch **Molybdän** und **Arsen** zeigen diesen Trend, wenngleich in geringerem Ausmaß.

Die Ursache ist hauptsächlich in der höheren geogenen Grundbelastung der bekanntlich an Bodenschätzen reichen Bergregion der Schladminger und Wölzer Tauern zu suchen (vergleiche Beitrag zur ehemaligen Bergbautätigkeit, Seiten 85 ff.). Auch der Anteil des Bezirkes an den nördlichen Kalkalpen mit ihren erhöhten natürlichen Gehalten an Blei, Cadmium und in geringerem Ausmaß an Arsen und Zink zeigt ebenso seinen Einfluss wie die erhöhten Schwermetallgehalte im bodenbildenden Schwemmmaterial der Talböden der Enns oder anderer Nebengerinne.

Bei den Schwermetallen Blei, Cadmium und Molybdän überlagern häufig anthropogene Beiträge aus der ubiquitären Umweltbelastung den ohnedies schon erhöhten geogenen Background.

Der Vergleich der übrigen Schwermetalle entspricht unter Berücksichtigung der üblichen statistischen Schwankungen dem Landesdurchschnitt.



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 Liezen: Gehalte in mg/kg TS.

Pflanzengehalte der Standorte mit erhöhten Schwermetallwerten im Boden:

Standort	Nr.	Jahr	Probe	Nutzung	Pflanze	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
LIA	1	1991	P1	G	Gras 1										0,09
LIA	1	1992	P2	G	Gras 2										0,04
LIA	1	2000	P1	G	Gras 1	6,30	53,80	0,85	2,42	1,31	0,11	0,85	0,14	0,03	0,00
LIA	1	2000	P2	G	Gras 2	7,00	48,90	0,75	2,57	1,34	0,11	0,69	0,18	0,03	0,00
LIA	1	2008	P5	G	Gras 5	5,77	54,79	1,15	0,94	1,36	< 0,08	0,52	0,26	0,01	0,00
LIA	2	2000	P1	G	Gras 1	11,00	84,50	2,63	5,24	2,72	1,32	1,44	0,10	0,02	1,10
LIA	2	2000	P2	G	Gras 2	12,20	63,10	2,51	6,20	3,64	1,46	1,42	0,11	0,02	1,30
LIA	2	2003	P1	G	Gras 1	10,02	46,92	0,65	0,76	1,85	0,09	1,91	0,24	0,01	1,20
LIA	2	2008	P4	G	Gras 4	11,95	33,43	0,63	0,85	1,38	0,13	1,71	0,14	0,02	0,85
LIA	3	2000	P1	G	Gras 1	9,10	42,50	0,11	1,32	0,50	0,08	3,06	0,06	0,03	0,00
LIA	3	2000	P2	G	Gras 2	8,70	47,20	0,11	0,70	0,38	< 0,08	3,50	0,06	0,02	0,00
LIA	4	2000	P1	G	Gras 1	6,70	35,30	1,06	1,12	0,91	0,13	3,44	0,17	0,01	0,00
LIA	4	2000	P2	G	Gras 2	6,90	39,40	1,94	4,12	1,69	0,37	3,68	0,21	0,02	0,70
LIA	5	1992	P1	G	Gras 1										0,01
LIA	5	1992	P2	G	Gras 2										0,04
LIA	5	2000	P1	G	Gras 1	6,60	40,40	0,42	1,80	0,39	< 0,08	3,20	0,08	0,02	0,00
LIA	5	2000	P2	G	Gras 2	5,80	55,90	0,38	0,34	0,13	< 0,08	2,60	0,12	0,01	0,00
LIA	6	1991	P1	G	Gras 1				0,72	6,69					
LIA	6	1992	P2	G	Gras 2				0,24	8,96					
LIA	6	2000	P1	G	Gras 1	7,50	39,50	0,44	0,44	6,57	0,14	0,18	0,11	0,03	0,00
LIA	6	2000	P2	G	Gras 2	7,00	26,40	0,37	0,34	3,72	0,08	0,29	0,06	0,02	0,00
LIA	7	2000	P1	G	Gras 1	6,70	50,30	1,64	4,04	2,26	0,54	2,12	0,16	0,01	0,00
LIA	7	2000	P2	G	Gras 2	7,30	34,80	0,24	1,68	1,43	0,20	6,32	0,05	0,02	0,00
LIA	8	2000	P1	G	Gras 1	8,00	24,70	0,48	1,34	0,67	0,13	2,02	0,04	0,03	0,00
LIA	8	2000	P2	G	Gras 2	8,50	29,10	0,71	1,96	0,83	0,18	2,16	0,06	0,02	0,00
LIA	9	1991	P1	G	Gras 1										0,17
LIA	9	1992	P2	G	Gras 2										0,09
LIA	9	2000	P1	G	Gras 1	5,90	35,30	0,41	0,92	1,04	0,09	0,76	0,11	0,01	0,00
LIA	9	2000	P2	G	Gras 2	6,20	38,70	0,34	0,55	0,91	< 0,08	0,70	0,13	0,02	0,00
LIA	10	1991	P1	G	Gras 1										0,15
LIA	10	1992	P2	G	Gras 2										0,19
LIA	10	2000	P1	G	Gras 1	11,20	28,30	0,31	1,58	1,15	0,16	3,89	0,03	0,02	0,00
LIA	10	2000	P2	G	Gras 2	11,70	33,30	0,22	1,22	1,32	0,10	3,90	0,03	0,02	0,00
LIA	11	2000	P1	A	Mais-Stängel	8,00	37,70	0,24	1,09	0,19	< 0,08	1,12	0,31	0,02	0,00
LIA	11	2000	P2	A	Mais-Blatt	4,20	20,40	0,00	0,86	0,13	< 0,08	0,14	0,08	0,01	0,00
LIA	11	2000	P3	A	Mais-Kolben	4,20	23,30	0,00	2,52	0,82	< 0,08	0,00	0,04	0,01	0,00
LIB	1	2000	P1	G	Gras 1	7,20	39,20	0,64	1,02	0,86	0,09	0,55	0,13	0,03	0,00
LIB	1	2000	P2	G	Gras 2	6,70	31,50	0,70	1,03	0,77	< 0,08	0,84	0,13	0,03	0,00
LIB	2	1991	P1	A	Mais-Stängel										0,18
LIB	2	1992	P2	A	Mais-Blatt										0,14
LIB	2	1992	P3	A	Mais-Kolben										0,13
LIB	2	2000	P1	A	Mais-Stängel	6,10	25,70	0,29	0,69	0,75	0,08	0,00	0,27	0,02	0,00
LIB	2	2000	P2	A	Mais-Blatt	4,20	21,50	0,00	0,53	0,90	< 0,08	0,00	0,06	0,01	0,00
LIB	2	2000	P3	A	Mais-Kolben	5,90	29,50	0,00	0,88	2,60	< 0,08	0,00	0,06	0,02	0,00

Standort	Nr.	Jahr	Probe	Nutzung	Pflanze	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
LIB	3	1991	P1	A	Gras 1										0,35
LIB	3	1992	P2	A	Gras 2										0,30
LIB	3	2000	P1	A	Gras 1	8,40	25,10	0,77	2,03	1,07	0,09	2,33	0,03	0,03	0,00
LIB	3	2000	P2	A	Gras 2	9,70	26,50	1,06	3,45	2,14	0,41	0,98	0,08	0,03	0,50
LIB	4	2000	P1	G	Gras 1	8,00	54,90	0,38	1,25	1,07	< 0,08	0,82	0,50	0,02	0,00
LIB	4	2000	P2	G	Gras 2	8,40	68,70	0,38	1,15	1,22	< 0,08	1,13	0,49	0,02	0,00
LIB	5	2000	P1	G	Gras 1	8,70	70,40	0,30	0,65	0,21	< 0,08	2,48	0,43	0,03	0,00
LIB	5	2000	P2	G	Gras 2	8,90	61,30	1,41	1,59	0,83	0,21	3,13	0,14	0,02	0,00
LIB	6	1991	P1	G	Gras 1										0,04
LIB	6	1992	P2	G	Gras 2										0,03
LIB	6	2000	P1	G	Gras 1	5,70	41,80	1,01	1,46	0,99	0,13	0,74	0,17	0,07	0,00
LIB	6	2000	P2	G	Gras 2	8,00	43,90	1,70	2,26	1,33	0,36	1,20	0,19	0,01	0,80
LIB	7	2000	P1	G	Gras 1	6,90	54,50	0,34	1,10	0,13	< 0,08	3,08	0,09	0,03	0,00
LIB	7	2000	P2	G	Gras 2	6,40	50,60	0,38	0,89	0,17	< 0,08	2,60	0,06	0,03	0,00
LIB	8	2000	P1	G	Gras 1	8,00	47,60	0,34	0,67	0,42	< 0,08	1,29	0,06	0,02	0,00
LIB	8	2000	P2	G	Gras 2	8,80	40,60	0,37	0,58	0,47	< 0,08	0,96	0,10	0,03	0,00
LIB	9	1992	P1	G	Gras 1										0,07
LIB	9	1992	P2	G	Gras 2										0,04
LIB	9	2000	P1	G	Gras 1	9,90	50,50	0,61	0,69	1,03	0,12	1,94	0,52	0,02	0,00
LIB	9	2000	P2	G	Gras 2	9,70	52,30	0,62	0,64	0,94	0,16	2,38	0,41	0,02	0,00
LIB	10	2000	P1	G	Gras 1	6,10	25,00	0,22	0,91	0,28	< 0,08	0,22	0,06	0,02	0,00
LIB	10	2000	P2	G	Gras 2	6,40	30,70	0,24	0,56	0,15	< 0,08	0,20	0,10	0,02	0,00
LIB	11	1992	P1	H	Gras 1		120,70	1,00					0,06		
LIB	11	1992	P2	H	Gras 2		100,70	0,83					0,06		
LIB	11	2001	P1	H	Gras 1	5,50	54,00	0,34	0,52	1,39	< 0,08	0,42	0,08	0,02	0,00
LIB	11	2001	P2	H	Gras 2	4,88	54,50	0,26	0,42	0,28	< 0,08	0,33	0,08	0,01	0,00
LIC	1	1991	P1	G	Gras 1										0,04
LIC	1	1992	P2	G	Gras 2										0,03
LIC	1	2000	P1	G	Gras 1	6,80	31,30	0,35	0,73	5,80	0,13	1,70	0,24	0,02	0,00
LIC	1	2000	P2	G	Gras 2	6,50	30,70	0,30	1,05	4,50	0,19	1,60	0,20	0,02	0,00
LIC	1	2003	P1	G	Gras 1	6,63	33,05	0,64	0,64	5,67	0,12	2,16	0,26	0,01	0,00
LIC	2	1991	P1	G	Gras 1				0,36	5,55					
LIC	2	1992	P2	G	Gras 2					6,23					
LIC	2	2000	P1	G	Gras 1	7,60	28,80	0,25	0,95	2,94	0,16	0,39	0,08	0,02	0,00
LIC	2	2000	P2	G	Gras 2	6,60	25,00	0,31	0,76	1,63	0,18	0,42	0,25	0,01	0,00
LIC	2	2003	P1	G	Gras 1	5,47	35,30	0,86	0,75	3,76	0,18	0,59	0,14	0,01	0,00
LIC	3	2000	P1	G	Gras 1	12,50	63,00	0,10	0,62	0,08	0,08	5,84	0,10	0,01	0,00
LIC	3	2000	P2	G	Gras 2	6,10	38,10	1,23	1,86	0,40	0,20	3,36	0,06	0,02	0,00
LIC	4	2000	P1	G	Gras 1	12,10	38,70	0,63	1,31	1,57	0,40	1,54	0,08	0,02	0,00
LIC	4	2000	P2	G	Gras 2	10,70	34,70	0,43	1,50	1,35	0,26	2,19	0,08	0,02	0,00
LIC	5	2000	P1	G	Gras 1	8,90	42,20	0,45	0,72	0,29	< 0,08	3,70	0,09	0,02	0,00
LIC	5	2000	P2	G	Gras 2	9,40	42,70	0,32	0,50	0,06	< 0,08	5,96	0,08	0,02	0,00
LIC	6	1991	P1	G	Gras 1										0,04
LIC	6	1992	P2	G	Gras 2										0,07
LIC	7	1991	P1	G	Gras 1										0,12
LIC	7	1992	P2	G	Gras 2										0,17
LIC	7	2000	P1	G	Gras 1	5,70	37,50	0,53	1,19	1,64	0,24	2,00	0,08	0,02	0,60
LIC	7	2000	P2	G	Gras 2	6,50	41,60	0,56	0,69	3,15	0,30	1,68	0,10	0,02	0,40
LIC	8	2000	P1	G	Gras 1	6,30	33,60	0,43	0,60	0,17	< 0,08	1,68	0,21	0,02	0,00
LIC	8	2000	P2	G	Gras 2	6,30	28,10	0,90	1,62	0,63	0,20	1,47	0,11	0,03	0,30

Standort	Nr.	Jahr	Probe	Nutzung	Pflanze	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
LIE	6	1989	P1	A	Gras 1										2,64
LIE	6	1989	P2	A	Gras 2										0,89
LIE	6	1996	P1	A	Gras 1										0,00
LIE	6	1996	P2	A	Gras 2										0,00
LIE	7	1989	P1	G	Gras 1										1,09
LIE	7	1989	P2	G	Gras 2										1,73
LIE	7	1996	P1	G	Gras 1										0,00
LIE	7	1996	P2	G	Gras 2										0,00
LIE	8	1989	P1	A	Gras 1										1,48
LIE	8	1989	P2	A	Gras 2										0,61
LIE	8	1996	P	A	Kartoffel										0,00
LIE	9	1989	P1	G	Gras 1										1,31
LIE	9	1989	P2	G	Gras 2										1,89
LIE	9	1996	P1	G	Gras 1										0,00
LIE	9	1996	P2	G	Gras 2										0,00
LIE	10	1996	P1	G	Gras 1								0,01		0,00
LIE	10	1996	P2	G	Gras 2								0,01		0,00
LIF	2	1998	P1	G	GRAS 1					2,42					0,00
LIF	2	1998	P2	G	GRAS 2					2,34					0,00
LIF	3	1998	P1	G	GRAS 1					0,69					0,00
LIF	3	1998	P2	G	GRAS 2					1,97					0,52
LIF	7	1998	P1	G	GRAS 1										0,00
LIF	7	1998	P2	G	GRAS 2										0,00
LIF	8	1998	P1	G	GRAS 1										0,00
LIF	8	1998	P2	G	GRAS 2										0,00
LIF	10	1998	P1	G	GRAS 1										0,00
LIF	10	1998	P2	G	GRAS 2										0,00
LIG	2	1998	P1	A	Mais - Stängel					0,41					0,00
LIG	2	1998	P2	A	Mais - Blatt					1,66					0,00
LIG	2	1998	P3	A	Mais - Kolben					1,89					0,00
LIG	3	1998	P1	G	GRAS 1										0,00
LIG	3	1998	P2	G	GRAS 2										0,00
LIG	4	1998	P1	G	GRAS 1				1,74	2,84					0,40
LIG	4	1998	P2	G	GRAS 2				1,02	5,72					0,00
LIG	5	1997	P1	H	Gras 1			1,33						0,60	0,00
LIG	5	1997	P2	H	Gras 2			1,24						0,56	0,00
LIG	9	1998	P1	G	GRAS 1				1,22	4,43					
LIG	9	1998	P2	G	GRAS 2				4,49	5,51					
LIH	1	1998	P1	G	GRAS 1										0,95
LIH	1	1998	P2	G	GRAS 2										1,09
LIH	2	1998	P1	G	GRAS 1										0,42
LIH	2	1998	P2	G	GRAS 2										0,00
LIH	3	1997	P1	G	Gras 1				0,66						
LIH	3	1997	P2	G	Gras 2				0,44						
LIH	4	1997	P1	G	Gras 1			9,22							
LIH	4	1997	P2	G	Gras 2			0,59							
LIH	5	1997	P1	G	Gras 1										0,00
LIH	5	1997	P2	G	Gras 2										0,00
LIH	6	1997	P1	G	Gras 1			2,87					0,36		
LIH	6	1997	P2	G	Gras 2			3,22					0,41		

Standort	Nr.	Jahr	Probe	Nutzung	Pflanze	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
LIH	7	1997	P1	G	Gras 1	7,87	51,87	1,20	0,54	1,06	< 0,08	0,36	0,02	0,01	0,00
LIH	7	1997	P2	G	Gras 2	7,07	59,47	1,14	0,61	1,70	< 0,08	0,30	0,02	0,02	0,00
LIH	8	1997	P1	G	Gras 1			1,54		2,10			0,35		
LIH	8	1997	P2	G	Gras 2			1,38		1,72			0,39		
LIH	9	1997	P1	G	Gras 1	6,40	37,33	1,21	0,62	2,91	0,10	0,24	0,20	0,01	0,00
LIH	9	1997	P2	G	Gras 2	6,60	35,60	1,10	0,62	3,25	< 0,08	0,30	0,17	0,01	0,00
LIH	10	1998	P1	H	GRAS 1	4,67	38,27	1,14	1,04	5,18	< 0,08	0,50	0,19	0,01	0,00
LIH	10	1998	P2	H	GRAS 2	3,33	52,27	2,01	0,98	3,04	0,12	0,45	0,12	0,01	0,00
LIX	4	1999	P1	H	Gras 1	5,20	42,80	0,86	0,82	4,54	0,11	0,00	0,21	0,01	0,00
LIX	4	1999	P2	H	Gras 2	5,50	49,20	0,75	0,60	4,66	0,11	0,00	0,21	0,01	0,00
LIX	9	2002	P1	H	Gras 1	9,50	39,75	0,36	0,44	3,15	< 0,08	0,35	0,56	0,01	0,00
LIX	9	2002	P2	H	Gras 2	4,13	47,75	5,45	0,81	2,46	0,14	0,24	0,66	0,02	0,00
LIX	10	2003	P1	H	Gras 1	5,31	45,70	1,08	1,21	2,06	0,12	1,31	0,35	0,01	0,00
LIX	10	2005	P2	H	Gras 2	4,68	30,08	0,00	1,21	1,23	0,11	0,33	0,36	0,01	0,00
LIX	12	2002	P1	G	Gras 1	6,63	26,38	0,19	0,37	1,48	< 0,08	3,31	0,07	0,02	0,00
LIX	12	2002	P2	G	Gras 2	7,13	29,63	0,20	0,40	1,26	< 0,08	3,17	0,05	0,02	0,00
LIX	13	2002	P1	G	Gras 1	14,25	51,00	12,61	21,71	11,58	5,49	1,21	0,20	0,03	0,90
LIX	13	2002	P2	G	Gras 2	10,63	34,25	0,34	0,61	0,65	0,15	5,76	0,04	0,01	0,00
LIX	15	2003	P1	H	Gras 1	3,33	32,86	1,61	0,43	0,54	< 0,08	0,75	0,16	0,01	0,00
LIX	15	2005	P2	H	Gras 2	3,19	22,08	0,99	0,62	0,66	< 0,08	0,61	0,16	0,01	0,00
LIX	16	2004	P1	H	Gras 1	7,42	17,66	0,00	0,89	1,11	< 0,08	2,89	0,14	0,01	0,00
LIX	16	2005	P2	H	Gras 2	5,41	29,71	0,00	0,73	1,33	0,11	1,24	0,06	0,02	0,00
LIX	17	2003	P1	G	Gras 1	7,59	64,90	5,77	8,02	6,42	1,30	0,74	0,36	0,01	0,00
LIX	17	2005	P2	G	Gras 2	9,16	32,18	0,11	1,29	2,46	0,22	0,83	0,20	0,03	0,00
LIX	19	2004	P1	G	Gras 1	7,77	18,34	0,00	0,74	0,79	0,11	6,92	0,16	0,01	0,00
LIX	19	2005	P2	G	Gras 2	12,81	38,10	0,00	0,66	1,36	0,11	2,40	0,30	0,02	0,00
LIX	20	1999	P1	H	Gras 1	6,20	48,80	0,53	0,58	0,85	< 0,08	0,71	0,09	0,01	0,00
LIX	20	1999	P2	H	Gras 2	7,30	91,60	0,43	0,80	0,72	< 0,08	1,01	0,10	0,01	0,00
LIX	21	2002	P1	G	Gras 1	7,25	90,38	0,43	0,75	1,37	0,12	2,40	0,13	0,01	0,00
LIX	21	2002	P2	G	Gras 2	7,25	369,50	0,41	0,47	2,83	< 0,08	2,06	0,14	0,01	0,00
LIX	23	1999	P1	G	Gras 1	7,40	57,40	1,05	1,75	1,53	0,13	1,78	0,23	0,01	0,00
LIX	23	1999	P2	G	Gras 2	7,40	97,35	0,82	1,34	1,06	0,09	1,62	0,27	0,01	0,00
LIX	24	2003	P1	H	Gras 1	3,45	59,30	1,29	0,75	0,22	< 0,08	1,54	0,12	0,01	0,00
LIX	24	2004	P2	H	Gras 2	2,28	34,21	0,55	0,87	0,77	0,11	1,08	0,10	0,00	0,00
LIX	25	2003	P1	H	Gras 1	5,06	43,89	1,29	0,65	0,65	< 0,08	0,96	0,53	0,01	0,00
LIX	25	2004	P2	H	Gras 2	3,72	27,42	0,99	1,11	0,88	0,11	0,45	0,76	0,01	0,00
LIX	26	1999	P1	G	Gras 1	5,90	34,40	0,14	0,53	3,36	< 0,08	0,34	0,28	0,01	0,00
LIX	26	1999	P2	G	Gras 2	6,40	35,70	0,14	0,38	2,80	< 0,08	0,32	0,20	0,01	0,00
LIX	27	1999	P1	H	Gras 1	5,10	55,10	0,65	1,32	0,72	< 0,08	0,90	0,47	0,02	0,00
LIX	27	1999	P2	H	Gras 2	6,60	88,50	0,85	1,06	0,70	< 0,08	0,61	0,26	0,02	0,00
LIX	28	2004	P1	H	Gras 1	5,87	21,67	0,00	0,66	0,89	< 0,08	1,58	0,18	0,01	0,00
LIX	28	2005	P2	H	Gras 2	5,37	26,30	0,67	0,77	0,90	0,11	0,83	0,19	0,01	0,00
LIX	29	1999	P1	H	Gras 1	5,50	46,70	0,79	0,61	0,54	< 0,08	1,26	0,19	0,02	0,00
LIX	29	1999	P2	H	Gras 2	6,00	52,50	1,83	2,38	1,00	0,24	0,78	0,25	0,02	0,00
LIX	31	2008	P1	G	Gras 1	7,35	27,49	0,73	0,84	0,21	< 0,08	1,59	0,31	0,03	0,00
LIX	37	2008	P1	G	Gras 1	15,54	31,93	0,43	0,64	0,74	< 0,08	1,94	0,14	0,01	0,00
LIX	38	2008	P1	G	Gras 1	16,43	42,60	0,42	0,95	0,42	< 0,08	2,86	0,19	0,02	0,00
LIX	39	2008	P1	G	Gras 1	9,69	35,91	0,74	0,74	5,58	0,15	1,37	0,22	0,02	0,00
LIX	40	2008	P1	H	Gras 1	8,35	34,34	0,63	0,53	1,06	0,12	2,85	0,11	0,02	0,00

Standort	Nr.	Jahr	Probe	Nutzung	Pflanze	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
VFF	1	1999	P1	G	GRAS 1				2,44	3,43					
VFF	1	1999	P2	G	GRAS 2				2,84	3,79					
VFF	2	1999	P1	G	GRAS 1				2,25	4,57					
VFF	2	1999	P2	G	GRAS 2				2,53	4,48					
VFF	3	1999	P1	G	GRAS 1										0,00
VFF	3	1999	P2	G	GRAS 2										0,00
VFG	3	1999	P1	G	GRAS 1			2,75							0,41
VFG	3	1999	P2	G	GRAS 2			2,41							0,41
VFG	4	1999	P1	G	GRAS 1			2,19							1,00
VFG	4	1999	P2	G	GRAS 2			2,37							1,25
VFG	5	1999	P1	G	GRAS 1			1,57							0,33
VFG	5	1999	P2	G	GRAS 2			1,23							0,00
VFG	6	1999	P1	G	GRAS 1			9,39							0,99
VFG	6	1999	P2	G	GRAS 2			11,23							1,26
VFG	7	1999	P1	G	GRAS 1										0,72
VFG	7	1999	P2	G	GRAS 2										3,18
VFG	8	1999	P1	G	GRAS 1			2,12							0,67
VFG	8	1999	P2	G	GRAS 2			16,99							5,60
VFG	9	1999	P1	G	GRAS 1	8,10	28,90	0,55		1,03					0,00
VFG	9	1999	P2	G	GRAS 2	8,20	30,50	0,74		0,88					0,00
VFG	10	1999	P1	G	GRAS 1										0,42
VFG	10	1999	P2	G	GRAS 2										2,98
VFG	11	1998	P1	H	GRAS 1			1,57							0,00
VFG	11	1998	P2	H	GRAS 2			1,25							0,00
VFH	7	1999	P1	G	GRAS 1	11,90									0,00
VFH	7	1999	P2	G	GRAS 2	11,40									0,00
VFH	10	1999	P1	G	GRAS 1				54,34						0,00
VFH	10	1999	P2	G	GRAS 2				47,74						0,00

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 teilweise 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.

Am häufigsten findet man **erhöhte Chrom- bzw. Nickelgehalte**. Es existieren keine Futtermittel-Höchstwerte für diese Schwermetalle.

Beim **Blei** kommt es laut Richtlinie 2002/32/EG an einigen Standorten zu Überschreitungen des Höchstgehaltes für Alleinfuttermittel von 5,68 mg/kg Pb in der Trockensubstanz. Der hier relevante Höchstgehalt für Grünfutter von 34,09 mg/kg TS. wird jedoch nirgends erreicht.

Höchstwertüberschreitungen laut Richtlinie 2002/32/EG für **Cadmium** im Alleinfuttermittel für Kälber, Lämmer und Ziegenlämmer (0,57 mg/kg TS.) findet man an den Standorten **LIG 5** und **LIX 9 + 25**. Der Höchstwert von 1,11 mg/kg TS. für Rinder Schafe und Ziegen wird nirgends erreicht. Da die Standorte aber - wenn überhaupt - nur kurzfristig als Almweide genutzt werden, sind die gefundenen Belastungen nicht maßgebend.

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 Ankauf neuer Analysegeräte auf 1 ppb gesenkt werden.

Untersuchungsergebnisse:

Bei den Untersuchungen der 141 Standorte im Bezirk Liezen wurden in den Böden keine **Lindan-Rückstände** festgestellt.

HCB-Rückstände waren nur qualitativ in Spuren unter der Bestimmungsgrenze von damals 15 ppb HCB am Grünlandstandort **LIE 4** nachzuweisen (1986/87). Die Wiederholungsuntersuchungen nach 10 bzw. 20 Jahren waren rückstandsfrei (Bestimmungsgrenze 2006: 1ppb).

DDT-Rückstände waren an folgenden Grünlandstandorten nachzuweisen:
Angaben in ppb.

Standort	Horizont (cm)	1990	1991	2000 (10 JK)	2010 (20 JK)
LIB 7	0 - 5	42	< 15	74	< 1
	5 - 20	< 15			

Standort	Horizont (cm)	1998	1999	2008 (10 JK)
LIX 2	0 - 5	61	< 15	10
	5 - 20	27		
	20 - 50	< 15		

Standort	Horizont (cm)	2006	2007
LIX 34	0 - 5	14	51
	5 - 20	22	

10 JK ... Erste Zehnjahreskontrolle 10 Jahre nach der Erstbeprobung

20 JK ... Zweite Zehnjahreskontrolle 20 Jahre nach der Erstbeprobung

Bei den Ergebnissen ist eine starke Schwankung der Gehalte von einem Jahr zum nächsten auffällig, was von großer Inhomogenität der Bodenbelastungen zeugt.

Die nur in einem Untersuchungsjahr und meist in minimalen Spuren an den Standorten **LIE 1, 9 + 10, LIA 5, LIB 4, VFH 9** und **LIX 32 + 39** festgestellten DDT-Rückstände sind vernachlässigbar.

Ob im Lauf von Jahrzehnten von einer statistisch gesicherten Abnahme gesprochen werden kann, oder ob die große lokale Variabilität des Schadstoffes eine derartige Aussage verschleiert, wird die Auswertung der in Arbeit befindlichen **Bodendauerbeobachtung** aller Untersuchungsstandorte zeigen.

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 Liezen:

PAH-Summe (Horizont 1)	Ubiquitäre Belastung	Erhöhte Belastung	Starke Belastung
Grünland	79	11	8
Acker	6	-	-
Hochalm	30	6	1
Alle Standorte in LI in %	82 %	12 %	6 %
Steiermark in %	86 %	8 %	6 %

→ Die Belastung im Bezirk Liezen stimmt mit dem Landesdurchschnitt ganz gut überein, bloß der Anteil an Standorten mit „erhöhter Belastung“ ist etwas größer.

Starke Belastungen wurden in den Böden von 8 Grünlandstandorten (**LIE 2, 3 + 10, LIA 2 + 3, VFG 7, VFH 10** und **LIX 31**) und der Hochalm **LIX 24** gefunden. Die Belastungen sind wahrscheinlich zum Großteil auf industrielle Emissionen (VFH 10 - Magnesitwerk Trieben), ehemalige Brandereignisse (Brandrodungen, Brauchtumsfeuer, Köhlereien), sowie auf Einträge über das bodenbildende Schwemmmaterial zurückzuführen.

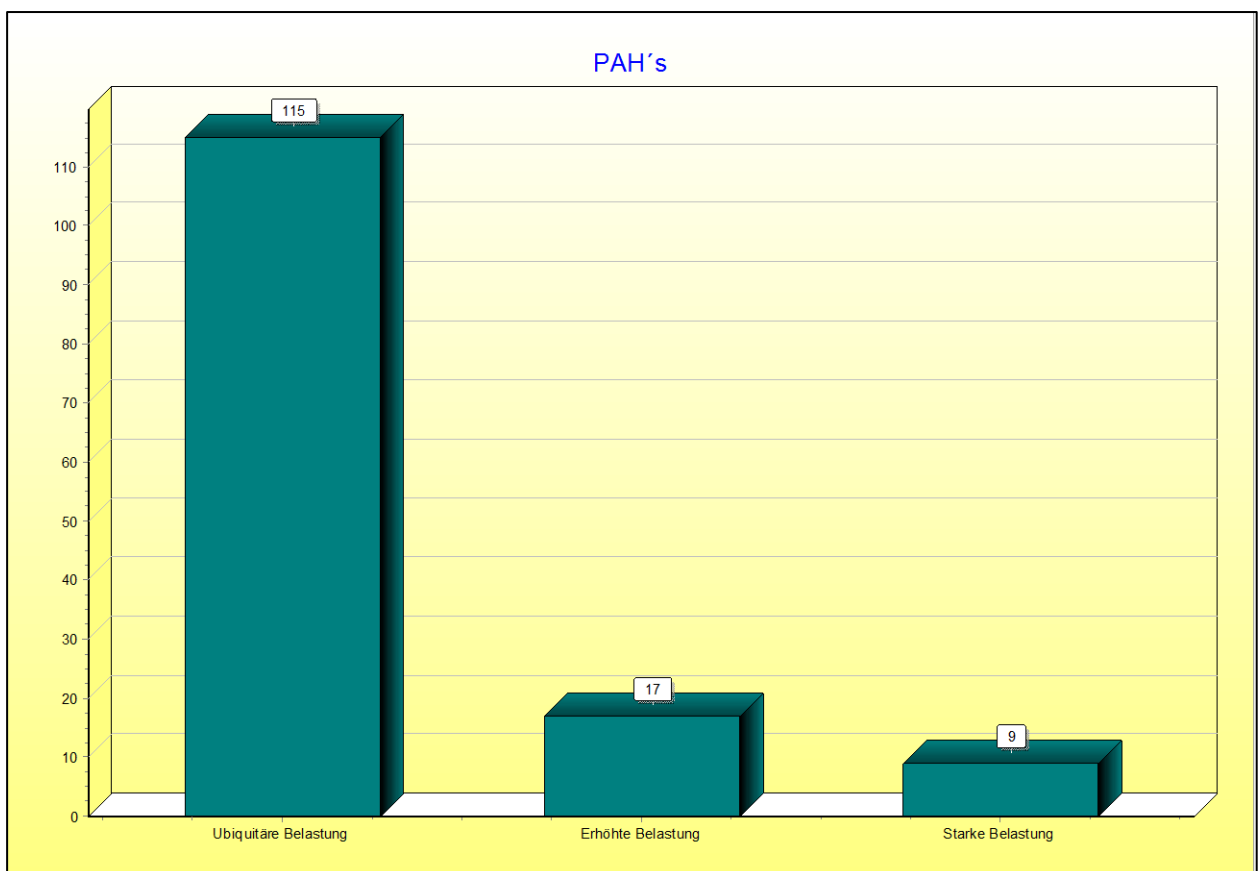
Bei den 17 Standorten (**LIB 7, LID 4 + 6, LIF 1, 6 + 10, LIH 6, VFF 3, VFG 11** und **LIX 3, 5, 8, 14, 22, 27, 29 + 35**) mit **erhöhten Belastungen** ist die Herkunft der Schadstoffe mit jenen starker Belastung vergleichbar.

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 Liezen untersuchten Standorte lauten:

PAH-Summe in ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Horizont 1 (MW)
Minimum	26
Maximum	5250
Mittelwert	237
Median - Liezen	82
Median - Steiermark	65

Beim Vergleich der Mediangehalte lässt sich eine etwas stärkere Belastung der Böden im Bezirk Liezen hinsichtlich des Landesdurchschnittes erkennen.



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 6 untersuchten Ackerstandorten im Bezirk Liezen wurden an folgenden Untersuchungsstellen **Atrazin - Rückstände** im Oberboden nachgewiesen:

LIE 8 (1996): 14 ppb
LIA 11 (1990/91): 50/70 ppb
LIB 2 (1990/91): 50/70 ppb

Die Rückstände stammen aus der Zeit vor dem Anwendungsverbot.
Bei den Kontrollen nach zehn Jahren war der Schadstoff nicht mehr nachzuweisen.

Anstelle von Atrazin konnte 2010 an den beiden Standorten **LIA 11** und **LIB 2** Spuren des Wirkstoffes **Terbutylazin** nachgewiesen werden (8 bzw. 6 ppb).

Bodenbelastung in historischen Bergbaugebieten

(aktualisierter Auszug aus dem Bodenschutzbericht 1999)

Die im Folgenden besprochenen Bergbautätigkeiten im Bezirk Liezen sind heute schon lange eingestellt, ihre Anfänge reichen weit in die Geschichte zurück.

Eine große Hilfe bei der Auffindung der Standorte historischer Bergbautätigkeit war der „Haldenkataster“ (Erhebung und Bewertung ehemaliger Bergbau- und Hüttenstandorte hinsichtlich Risikos und Folgenutzungspotentials) der Geologischen Bundesanstalt.

Als Untersuchungsfläche wurde stets die der Belastungsquelle (Vererzung, Halde, Aufbereitungsanlage, Schmelzofen, Verhüttungsareal) am nächsten gelegene landwirtschaftlich genutzte Fläche mit der vermutlich höchsten Belastung gewählt.



Folgende Gebiete wurden untersucht:

- Raum Schladming
- Walchen bei Öblarn
- Johnsbach

Raum Schladming

Die Bergbaue der Schladminger Tauern und des südlich gelegenen Lungaus zählen zu den ältesten der Niederen Tauern. Schon vor Christi Geburt wurde hier von Kelten und Römern Gold und Silber gewonnen. Im Laufe der Geschichte dehnte sich der Bergbau auf Blei, Kupfer, Zink, Nickel, Kobalt, Eisen, Arsen und Wismut aus. Die Blütezeit des Schladminger Bergbaus war im 14. bis 16. Jahrhundert. Die Entstehung der Stadt Schladming selbst ist unmittelbar auf die Bergbautätigkeiten zurückzuführen. Der größte Teil der alten Bergbaue liegt im Einzugsgebiet des Obertalbaches.

Folgende 10 Untersuchungsstandorte wurden im Raum Schladming eingerichtet:

VFG 1: Preuneggtal

VFG 2: Preuneggtal – ca. 1 km talaufwärts von VFG 1.

VFG 3: Eschachalm – Boden aus Schwemmmaterial aus dem Bergbauggebiet Eschach-Sagalm-Duisitz.

VFG 4: Holdalm – Standort in Nähe der Nickel-Schmelzhütte Hopfriesen und der ehemaligen Kohlstätte.

- VFG 5: Aufbereitungshalde nordwestlich des ehemaligen Poch- und Waschwerkes Hopfriesen.
- VFG 6: Boden aus Schwemmmaterial des Obertalbaches ca. 1 km nördlich vom Standort VFG 5.
- VFG 7: Schladming – In der Nähe ehemaliger Schmelzplätze und Kohlenmeiler, aber vor der Einmündung des Talbaches in die Enns.
- VFG 8: Schladming – ca. 2 km nordöstlich von VFG 7. Das Schwemmmaterial dieses Standortes beinhaltet auch Einträge des Talbaches.
- VFG 9: Blei-Silber-Hütte Weitgassau in Pichl – Bereich der Schlackendeponie.
- VFG 10: ca. 200 m nordöstlich von VFG 9.

Untersuchungsergebnisse:

An allen untersuchten Standorten der Region findet man überhöhte Gehalte von **Blei**, welche teilweise extrem hohe Werte im Boden aufweisen können. Am Standort VFG 9 erreichen auch die Elemente **Kupfer** und **Arsen** Extremwerte.

Die Böden der beiden Standorte **VFG 1 und 2** bestehen aus Schwemmmaterial des Ursprung- und Preuneggaches und sollen etwaige Erzverfrachtungen aus ihrem Einzugsgebiet dokumentieren.

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg des Oberbodens) der Standorte VFG 1 und VFG 2:

Element	VFG 1	VFG 2
Kupfer (Cu)	9,9	13,5
Zink (Zn)	46,1	56,2
Blei (Pb)	47,3	55,1
Chrom (Cr)	7,8	12,3
Nickel (Ni)	11,2	13,3
Kobalt (Co)	5,0	6,5
Molybdän (Mo)	1,56	1,68
Cadmium (Cd)	0,23	0,24
Quecksilber (Hg)	0,25	0,29
Arsen (As)	13,5	16,2

Man erkennt – trotz der für eine Bergbauregion relativ niedrigen Werte – eine Zunahme aller Schwermetallgehalte vom Standort VFG 1 hin zum ca. 1 km weiter taleinwärts gelegenen Punkt VFG 2. Die Differenz der einzelnen Gehalte ist zwar hinsichtlich des Analysenfehlers nicht statistisch signifikant, dokumentiert aber dennoch die ständige Verringerung von Schadstoffen durch Ablagerung der vom Bach mitgeführten Erzpartikel.

Das Hauptbergbaugebiet der Region Schladming liegt im Einzugsbereich des Obertalbaches und wird hier durch die 4 Untersuchungsstellen VFG 3-6 näher behandelt.

Der Standort **VFG 3** liegt auf der Eschachalm und ist bodenkundlich gesehen ein seichter Schwemmboden aus grobem Schwemmmaterial. Er ist von den Bergbautätigkeiten im Gebiet Eschach-Sagalm-Duisitz beeinflusst.

Die Verteilung der Schwermetalle zeigt stark überhöhte **Bleigehalte** und Überschreitungen der Normalwerte bei **Arsen**.

Der Standort **VFG 4** befindet sich auf der Holdalm in Nähe der ehemaligen Nickelschmelzhütte Hopfriesen und einer alten Kohlstätte.

Die bodenkundliche Situation am Standort **VFG 4** ist ähnlich dem zuvor besprochenen Standort und auch die Art der Bodenbelastungen ist ident, wenngleich auch die Bleigehalte niedriger sind.

Ähnliches gilt für den in der Nähe gelegenen Standort **VFG 5**, welcher sich auf einer wiederbegrüntem – zu Futterzwecken und als Weide genutzten – alten Aufbereitungshalde des ehemaligen Poch- und Waschwerkes Hopfriesen befindet.

Zu den erhöhten Gehalten an **Blei** und **Arsen** kommen noch geringfügige Überschreitungen des Normalwertes von **Molybdän**.

Wie aus den Untersuchungen zum „Haldenkataster“ der Geologischen Bundesanstalt hervorgeht, ist an diesem Standort mit großen Unterschieden in den Schwermetallgehalten auf kleinstem Raum zu rechnen.

Die Analyseergebnisse der Bodengehalte auf der Halde decken sich trotz unterschiedlicher Probennahme und Untersuchungsmethoden weitestgehend mit jenen des Punktes VFG 5. Eine nur wenige Meter neben der Halde durchgeführte punktförmige Bodenuntersuchung der Geologischen Bundesanstalt aber zeigt ein sprunghaftes Ansteigen der Schadstoffe zu Extremwerten wie 2900 ppm Arsen, 728 ppm Nickel und 1261 ppm Blei.

Der Standort **VFG 6** besteht aus feinem Schwemmmaterial, welches vom Obertalbach abgelagert wurde. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass hier alle Schwermetallgehalte außer Chrom, Nickel und Kobalt den Normalwert überschreiten. Die extremsten Gehalte findet man beim Element **Blei**.

Im Vergleich zu den Bodengehalten im benachbarten Preuneggatal (VFG 1+2) dokumentieren diese Ergebnisse die deutlich stärkere bergbauliche Bedeutung im Einzugsgebiet des Obertalbaches.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg: VFG 6

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	72,2	81,7	76,8	66,2	60
Zink (Zn)	212,0	219,6	200,0	164,0	160
Blei (Pb)	652,0	794,8	746,0	434,0	50
Chrom (Cr)	68,0	65,2	64,3	62,2	80
Nickel (Ni)	52,5	59,1	41,0	39,2	70
Kobalt (Co)	23,4	24,3	22,7	20,3	30
Molybdän (Mo)	1,65	1,67	1,88	1,82	1,6
Cadmium (Cd)	0,62	0,61	0,39	0,34	0,5
Quecksilber (Hg)	0,41	0,42	0,41	0,31	0,3
Arsen (As)	111,6	129,6	102,4	79,2	40

Die beiden Standorte **VFG 7** und **8** liegen in unmittelbarer Nähe der Stadt Schladming und sind ca. 1,9 km Luftlinie voneinander entfernt. Bodenkundlich handelt es sich um Auböden der Enns. Der Standort VFG 7 liegt jedoch vor der Einmündung des Talbaches (Zusammenführung des Ober- und des Untertalbaches), die Untersuchungsstelle VFG 8 danach.

An beiden Standorten kommt es zu einer Überschreitung des **Bleigehaltes** im Boden, wobei die Werte an der Untersuchungsstelle VFG 8 etwa doppelt so hoch sind als am Standort VFG 7. Dies ist vermutlich auf die zusätzlichen Einträge über den Talbach zurückzuführen.

Der Standort **VFG 7** liegt in der Nähe ehemaliger Schmelzplätze und Kohlenmeiler. Stark überhöht sind daher an diesem Standort die Bodengehalte an **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH)**. Die PAH-Summe liegt bei 5000 ppb (ng/g) im Oberboden. Als ubiquitäre Belastung gelten PAH-Gehalte unter 200 ppb, Werte über 500 sind als stark belastet einzustufen.

Die im Oberboden angereicherten Gehalte an Zink, Blei und Cadmium sind wenig signifikant, sodass sie eher durch die ubiquitäre Umweltbelastung als durch Einträge der Erzverhüttung erklärbar sind.

Die Verhüttung der Erze, welche aus dem Preuneggatal abtransportiert wurden, erfolgte in der Blei-Silber- Hütte Weitgassau bei Pichl an der Enns, ca. 5 km westlich von Schladming.

Die exakte Lage der Hütte ist nicht überliefert, bekannt ist aber die in ihrer Nähe gelegene Schlackendeponie. Das begrünte Areal wird heute landwirtschaftlich als mehrschnittige Wiese und Weide genutzt. Zur Abklärung von Belastungen wurden die zwei Standorte **VFG 9** und **10** eingerichtet.

Die Untersuchungsstelle VFG 9 befindet sich auf dem Areal der ehemaligen Schlackendeponie, der Standort VFG 10 ist nur ca. 200 m entfernt auf einem ortsüblichen Auböden gelegen.

Die Mächtigkeit des Bodens am Punkt VFG 9 ist gering, sodass nur 2 Horizonte beprobt werden konnten (0-5 cm und 5-20 cm).

Die Schwermetallgehalte im Boden der Schlackendeponie (**VFG 9**) weisen bei allen Elementen außer Chrom und Molybdän überhöhte Werte auf. Besonders extreme Bodengehalte findet man bei **Kupfer**, **Zink**, **Blei**, **Nickel** und **Arsen**.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg: VFG 9

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	541,0	533,0	815,0	60
Zink (Zn)	328,0	266,4	608,0	160
Blei (Pb)	952,0	956,8	2032,0	50
Chrom (Cr)	57,4	52,8	74,4	80
Nickel (Ni)	68,4	56,2	904,0	70
Kobalt (Co)	18,2	17,5	41,8	30
Molybdän (Mo)	0,60	0,66	0,95	1,6
Cadmium (Cd)	0,82	0,73	0,98	0,5
Quecksilber (Hg)	0,49	0,44	0,57	0,3
Arsen (As)	87,6	60,8	788,0	40

Im Vergleich zu diesem hoch belasteten Standort findet man an der Untersuchungsstelle **VFG 10** „nur“ mehr relativ leicht erhöhte **Bleigehalte**. Aber trotz der vergleichsweise niedrigen Werte weisen alle Schwermetalle am Vergleichsstandort VFG 10 außer Kobalt und Arsen deutliche **Anreicherungen im Oberboden** auf, was den anthropogenen Einfluss der ehemaligen Hüttenanlage dokumentiert.

Auffällig hoch ist am Standort **VFG 9** auch der Gehalt an „**pflanzenverfügbarem Kupfer**“ (EDTA-Extrakt). Er beträgt 285 mg /kg, wobei laut Düngerichtlinien schon ein Gehalt von mehr als 20 mg/kg als „sehr hoch“ einzustufen ist.

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden an den Standorten mit Grenzwertüberschreitungen **Pflanzenproben** gezogen und untersucht.

In den Grasproben werden fallweise die Richtwerte von **Arsen** (0,1 - 1 mg/kg in der Trockensubstanz) und **Blei** (0,1 - 6 mg/kg in der Trockensubstanz) überschritten.

Es wurden pro Standort zwei Grasproben untersucht und dabei folgende erhöhte Schwermetallgehalte festgestellt:

Die beiden Grasproben am Standort **VFG 6** weisen erhöhte Bleigehalte auf (9,39 und 11,23 mg/kg in der Trockensubstanz). Da es sich bei der Untersuchungsfläche jedoch um eine Weide handelt ist eine Kontamination mit Bodenpartikeln möglich.

Der Vergleich der beiden Grasproben des Standortes **VFG 8** zeigt deutlich den Einfluss durch an der Pflanze anhaftende Bodenpartikel: Hier wurde ein normaler Grasschnitt mit am Boden liegenden Mähresten verglichen, wobei die Mähreste einen deutlich höheren Bleigehalt (16,99 mg/kg in der Trockensubstanz) aufweisen, als der restliche Grasbewuchs (2,12 mg/kg in der Trockensubstanz).

Bei den Grasproben mit erhöhten Arsengehalten handelt es sich um Proben von folgenden Standorten:

VFG 4	1,25 mg/kg in der Trockensubstanz
VFG 6	1,26 mg/kg in der Trockensubstanz
VFG 7	3,18 mg/kg in der Trockensubstanz
VFG 8	5,60 mg/kg in der Trockensubstanz
VFG 10	2,98 mg/kg in der Trockensubstanz

An den Standorten VFG 7, 8 und 10 wäre der Futtermittel-Richtwert für Arsen (2,27 mg/kg TS.) bereits überschritten. Da es sich bei den Proben jedoch um landwirtschaftlich nicht genutzte Mähreste handelt, sondern um Proben, welche zur Demonstration des Einflusses einer Verschmutzung mit Bodenpartikeln dienen, ist das Untersuchungsergebnis bezüglich des Futtermittel-Richtwertes nicht relevant. Grasproben derselben Standorte, welche offensichtlich nicht verschmutzt waren, weisen normale Schwermetallgehalte auf.

Walchen bei Öblarn

Der überwiegende Teil des ehemaligen Kupferbergbau- und Hüttenstandortes Walchen liegt heute im Bereich forstwirtschaftlicher Nutzung. Almwirtschaftlich genutzte Grünflächen befinden sich erst im Bereich der Ramertalalm, wo der Untersuchungsstandort VFG 11 eingerichtet wurde.

Untersuchungsergebnisse:

Der Standort **VFG 11** liegt auf etwa 1380 m Seehöhe und ist 2,5 – 3 km Luftlinie vom ehemaligen Bergbaugebiet entfernt.

In unmittelbarer Nähe des Hüttenstandortes wurden bei den Untersuchungen der Geologischen Bundesanstalt („Haldenkataster“) unter anderem Bleigehalte bis ca. 40.000 ppm festgestellt. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass im Zuge der Gewinnung von Kupfer und Silber zur „Verfrischung der Leche“ Bleierze verwendet wurden.

Betrachtet man nun die Ergebnisse der Untersuchung am Standort VFG 11 so findet man bei den Schwermetallen Blei, Cadmium und Quecksilber Anreicherungen im Oberboden, welche beim **Blei** so markant ist, dass sie nicht mehr durch eine diffus eingetragene ubiquitäre Umweltbelastung alleine erklärbar sind. Hier dokumentiert sich offensichtlich die frühere Belastung aus der ca. 400 Höhenmeter tiefer gelegenen Kupferhütte.

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Schwermetallen **Blei** und **Arsen**.

Beim Schadstoff Arsen deutet die gleichmäßige Verteilung über alle untersuchten Bodenhorizonte auf eine geogene Herkunft hin.

Schwermetallgehalte im Bodenhorizont/Untersuchungsjahr in mg/kg: VFG 11

Element	0 – 5 cm 1997	0 – 5 cm 1998	5 – 20 cm 1997	20 – 50 cm 1997	Normalwert
Kupfer (Cu)	14,9	13,0	21,8	24,8	60
Zink (Zn)	70,0	67,8	74,0	76,0	160
Blei (Pb)	171,2	161,4	81,0	28,3	50
Chrom (Cr)	32,6	36,1	34,7	32,9	80
Nickel (Ni)	26,7	26,6	29,9	31,2	70
Kobalt (Co)	9,0	11,8	13,9	18,6	30
Molybdän (Mo)	1,02	1,06	1,10	1,14	1,6
Cadmium (Cd)	0,31	0,38	0,11	0,08	0,5
Quecksilber (Hg)	0,23	0,28	0,11	0,09	0,3
Arsen (As)	100,0	84,8	94,8	88,4	40

Da am Standort auch die gesetzlichen Grenzwerte von Blei und Arsen überschritten werden, wurden **Pflanzenproben** gezogen und untersucht.

Die Schwermetallgehalte der Grasproben liegen im normalen Gehaltsbereich.

Johnsbach

Der Standort zählt zum großen nordsteirischen Eisensteinzug und liegt in der Grauwackenzone des Paläozoikums. Neben eisenhaltigen Erzen findet man im Bereich dieser erdgeschichtlichen Zone die meisten, wenn auch nicht gerade die bergwirtschaftlich bedeutendsten Kupfererzlagerstätten.

Bemerkenswert ist, dass man hier die Spuren des frühesten Kupferbergbaues der Alpen findet, welcher auf die spätbronzezeitlichen Illyrer zurückgeht.

Der Standort **VFH 7** wurde im Bereich eines bronzezeitlichen Kupferschmelzplatzes errichtet.

Untersuchungsergebnisse:

Bei den Normalwert-Überschreitungen **Kupfer** und **Quecksilber** deutet die nach unten hin steigende bzw. gleichmäßige Verteilung über alle untersuchten Bodenhorizonte auf eine geogene Herkunft hin.

Anthropogene Einflüsse aus der alten Kupferschmelze sind aus den Ergebnissen nicht ableitbar.

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

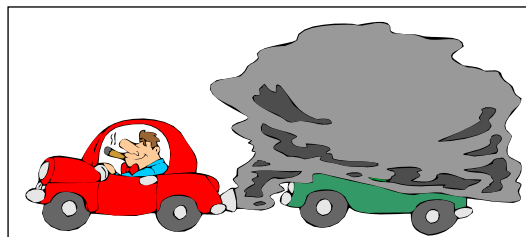
Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die Schwermetallgehalte der Grasproben liegen im normalen Gehaltsbereich.

Bodenbeeinflussungen durch den Straßenverkehr

(aktualisierter Auszug aus dem Bodenschutzbericht 1999)

Bei den im Folgenden besprochenen Standorten handelt es sich um landwirtschaftlich genutzte Flächen, welche in der Nähe der stark befahrenen Ennstal-Bundesstraße liegen und daher möglicherweise einer Schadstoffbelastung durch den Verkehr ausgesetzt sind.



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

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

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

Der Schadstoff **Cadmium** ist als Verunreinigung mit dem Zink vergesellschaftet. Weitere Schadstoffquellen sind der Abrieb von Brems- und Kupplungsbelägen, sowie die Fahrbahnabnutzung.

Als Folge der Katalysatorabnutzung wurde heute auch schon eine Belastung der Umwelt mit dem Edelmetall **Platin** nachgewiesen.

Bei der Treibstoffverbrennung entstehen neben gasförmigen Schadstoffen auch die krebserregenden **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)**, welche – an Rußpartikel gebunden – hauptsächlich von Dieselmotoren emittiert werden. Diese können heute jedoch durch Partikelfilter stark reduziert werden.

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

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

Zu den hier präsentierten Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes ist anzumerken, dass die Probennahme am Untersuchungsstandort nicht punktförmig erfolgt, sondern flächenhaft. Dazu werden ausgehend vom Mittelpunkt des Standortes kreisförmig im Abstand von 10 Metern in den Haupthimmelsrichtungen vier Einzelproben gezogen, welche dann zu einer Mischprobe vereint werden. Im Jahr darauf erfolgt analog dazu eine Probennahme in den vier Nebenhimmelsrichtungen. Da die Ergebnisse der Untersuchungen beider Jahre im Normalfall übereinstimmen, kann letztlich ein Mischwert aus 8 Einzelproben als Maß für die Untersuchungsfläche herangezogen werden.

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

Die Bundesstraße durch das Ennstal ist eine stark befahrene Transitroute mit bedeutendem Anteil an Lokal- und Ausflugsverkehr. Da unmittelbar an die Straße landwirtschaftlich genutzte Flächen (meist Grünland zu Futter- und Weidezwecken) angrenzen, ist eine Schadstoffkontrolle angebracht.

Es wurden drei Standorte in der Nähe der Ortschaft Niederstuttern untersucht. Die Standorte **VFF 1** und **2** liegen nordwestlich der Straße auf einem 6-7 Grad ansteigendem Hang. Die Entfernungen zum Straßenrand betragen 20 (VFF 1), bzw. 55 (VFF 2) Meter. Etwa 150 m von der Straße entfernt liegt oberhalb der beiden Standorte der alte Rasterpunkt **LIG 9**, welcher zusätzlich als Vergleich herangezogen werden kann. Der Standort **VFF 3** liegt 20 m südöstlich der Straße in einer fast ebenen Grünfläche, welche ca. 3 m unter dem Straßenniveau liegt und durch eine steile Böschung morphologisch getrennt ist.

Die stärkste Belastung wurde am Standort VFF 3 erwartet, da er unter dem Straßenniveau gelegen mehr Verkehrsemissionen abbekommen sollte, als der gleich weit entfernte – aber etwas höher als die Straße liegende – Standort VFF 1. Zu den Punkten VFF 2 bzw. LIG 9 hin müsste sich die Belastung wieder normalisieren. Die Untersuchungsergebnisse zeigten aber ein völlig anderes Bild.

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man bei den Elementen:

VFF 1:	Cu, Cr, Ni, Co, Mo, Cd
VFF 2:	Cr, Ni, Co, Mo, Cd
VFF 3:	Pb, Cr, Mo, Cd

Die festgestellten Bodenbelastungen sind überwiegend geogener Herkunft und lassen bis auf die mäßige Cadmianreicherung im Oberboden des Standortes **VFF 3** keinen nennenswerten Einfluss des Verkehrs erkennen.

Die folgende Tabelle zeigt den potentiellen Schadstoffeintrag (abgeschätzt aus der Differenz Ober- minus Unterboden) der Untersuchungsstandorte im Vergleich mit dem Schadstoffanteil der durchschnittlichen – in der Steiermark üblichen – Umweltbelastung (Bodenschutzbericht 1998, Seite 68).

Aus der Lage der Standorte zur Straße wurde eine Abnahme der Belastungen in folgender Reihenfolge vermutet: VFF 3 > VFF 1 > VFF 2

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg der Differenz aus Ober- minus Unterboden) der Standorte VFF 1 – 3 entsprechend ihrer Entfernung zur Straße:

Element	VFF 3 (20 m)	VFF 1 (20 m)	VFF 2 (55 m)	Übliche Belastung
Kupfer (Cu)	< 0	< 0	< 0	10
Zink (Zn)	3,6	16,3	< 0	37
Blei (Pb)	< 0	11,6	1,2	16
Chrom (Cr)	< 0	< 0	9	20
Nickel (Ni)	< 0	< 0	< 0	10
Kobalt (Co)	< 0	< 0	< 0	5
Molybdän (Mo)	0,26	0,13	0	0,40
Cadmium (Cd)	0,24	0,06	0,13	0,20
Quecksilber (Hg)	0,01	0,01	0,01	0,12
Arsen (As)	< 0	< 0	< 0	5

Der Großteil der Differenzen liegt innerhalb der analytischen Schwankungen oder kann durch die übliche Umweltbelastung erklärt werden.

Eine Differenz „< 0“ ergibt sich dann, wenn der Schwermetallgehalt des Unterbodens höher ist, als jener des Oberbodens, wie es bei Elementen mit typisch geogener Herkunft üblich ist.

Einzig für **Cadmium** am Standort VFF 3 ist die Anreicherung im Oberboden so groß, dass ein minimaler Einfluss aus dem Straßenverkehr angenommen werden kann.

Zusammengefasst ist die Bodenbelastung durch den Verkehr an den untersuchten Standorten vernachlässigbar. Probleme bereitet nur der bei mehreren Schwermetallen erhöhte geogene Gehalt. Auch der Rasterpunkt LIG 9 weist ein ähnliches Belastungsbild auf.

Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes findet man bei den Elementen:

VFF 1: Cr, Ni
 VFF 2: Cr, Ni
 VFF 3: As

Der gesetzlichen Vorgabe entsprechend wurden daher **Pflanzenproben** gezogen und auf jene Schadstoffe, wo es zu Überschreitungen kommt untersucht.

Die **Chrom-** und **Nickelgehalte** der untersuchten Grasproben an den Standorten **VFF 1** und **2** sind gegenüber „normalen“ Werten leicht erhöht.

Die Chromgehalte liegen zwischen 2 und 3 mg/kg, bei Nickel zwischen 3 und 5 mg/kg in der Trockensubstanz.

„Normalbereiche“: Chrom (0,1-1 mg/kg)

Nickel (0,1-3 mg/kg)

Ursache der gefundenen erhöhten Gehalte dürfte eine Partikelkontamination durch den Weidebetrieb sein. Da die beiden Schwermetalle im Boden geogener Herkunft sind, ist kein Zusammenhang mit dem Straßenverkehr gegeben.

Futtermittel-Richtwerte für Chrom und Nickel gibt es keine.

Die Bodengehalte der **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)** weisen mit einer Ausnahme an allen Standorten PAH-Summen unter 200 ppb auf, was als ubiquitär übliche Belastung zu werten ist.

Ein im Erstbeprobungsjahr 1997 am Standort **VFF 3** festgestellter Wert von 475 ppb PAH-Summe (Wiederholungsjahr 1998: 159 ppb PAH-Summe) wurde im Zuge der Bodendauerbeobachtung bei der ersten Zehnjahreskontrolle 2007 als stark erhöht bestätigt (938 ppb PAH-Summe). Die Ursache der Belastungen dürfte aber nicht auf den Verkehr, sondern das bodenbildende Schwemmmaterial oder Brandrückstände zurückzuführen sein.

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 - 2013.

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 Zöhner

Redaktion, Layout und Inhalt:

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

Druck:

A2- Zentrale Dienste

