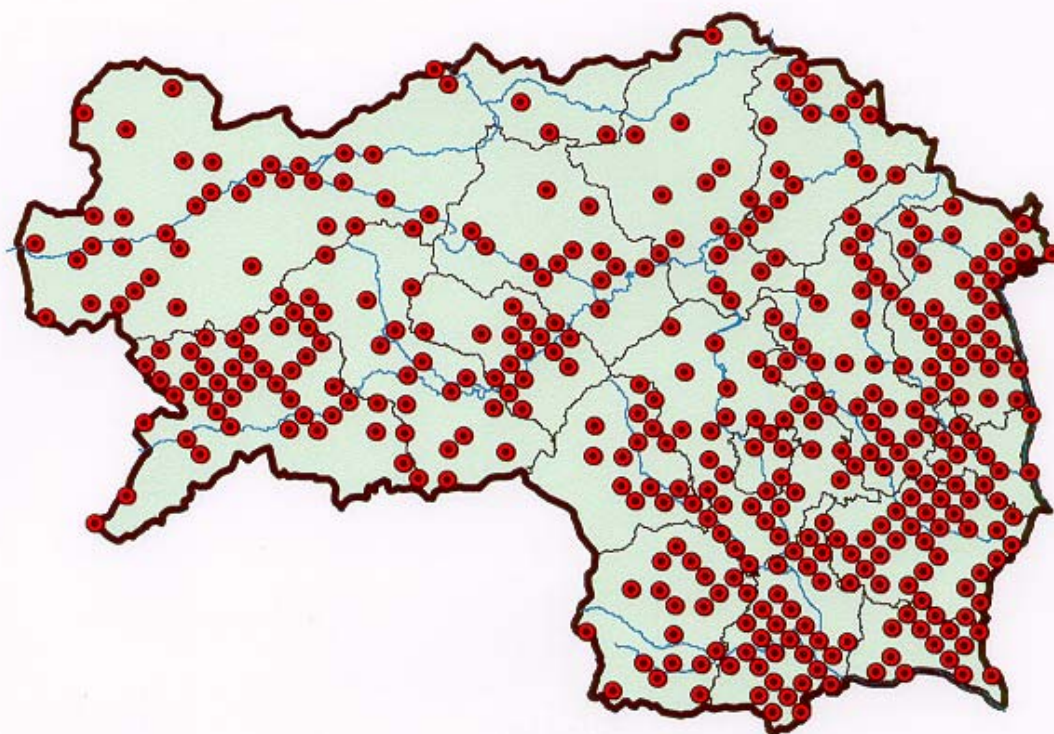




BODENSCHUTZBERICHT

1998



**Bodenzustandsinventur der Steiermark
(4x4 km - Raster)**



Vorwort

Das im Jahre 1986 begonnene und ein Jahr später mit dem Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzgesetz sowie der Bodenschutzprogrammverordnung auf eine rechtliche Grundlage gestellte Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm ist im Jahr 1998 weitergeführt worden.

Waren die Berichte bisher eine Veröffentlichung von Teilergebnissen, so wird nun unter Miteinbeziehung von neuesten unveröffentlichten Daten eine zusammenfassende Arbeit über die Untersuchungsergebnisse aller Standorte im 4x4 km Raster der gesamten Steiermark präsentiert.

Durch die objektive Standortwahl eines Rastersystems ist es mittels statistischer Auswertungsverfahren erstmals möglich, Richtwerte zur Beurteilung von Bodenbelastungen zu definieren, welche den steirischen naturgegebenen „Normalwerten“ von Schadstoffen im Boden entsprechen. Über derartige Normalwerte ist es wesentlich besser möglich, anthropogene Umwelteinflüsse oder geogene Bodenanomalien zu erkennen, als es mit Hilfe der bisher verwendeten Grenzwerte der Fall war. Es zeigt sich, daß an rund der Hälfte der untersuchten Standorte zumindest ein Schwermetall den naturgegebenen üblichen Normalwert überschreitet. Als besonders umweltrelevant haben sich die Schadstoffe Blei und Cadmium erwiesen.

Neben den umfangreichen statistischen Auswertungen werden kartografische Darstellungen aller untersuchten Parameter (Allgemeine Bodenkenwerte, Nähr- und Schadstoffe) in übersichtlicher Form präsentiert.

Die Ergebnisse dieses vorliegenden elften Berichtes stellen ein wesentliches Fundament für die künftige Beurteilung von Untersuchungsdaten in Böden dar. Die Aufgabe der kommenden Jahre wird darin bestehen, die erkannten Belastungen flächenhaft abzugrenzen, ihre Herkunft zu eruieren und den weiteren zeitlichen Verlauf zu kontrollieren. Denn nur auf Grund derartig fundierter Untersuchungsergebnisse wird es möglich sein, effiziente Maßnahmen zum Schutz unserer Umwelt setzen zu können.

Inhaltsangabe

	Seite
<u>Steirische Bodenzustandsinventur</u>	3
1. Was ist Boden?	3
2. Zielsetzung und gesetzlicher Auftrag	4
3. Durchführung der Rasteruntersuchungen	5
4. Geologie	10
5. Bodentypen	13
6. Bodenbildendes Ausgangsmaterial	18
7. Erosion	20
8. Bodenverdichtung	23
9. Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur	25
Allgemeines	26
Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe	33
Sand, Schluff, Ton	33
Humus	35
pH-Wert	37
Kalk	39
Phosphor	41
Kalium	45
Magnesium	47
Bor	49
Die EDTA-extrahierbaren Spurenelemente Cu, Zn, Mn + Fe	51
Die austauschbaren Kationen Ca, Mg, K + Na	59
Das wasserextrahierbare Fluor	63

Inhaltsangabe

	Seite
Schwermetalle	65
Allgemeines und Richtwerte	65
Kupfer	75
Zink	79
Blei	84
Chrom	91
Nickel	95
Kobalt	99
Molybdän	103
Cadmium	108
Quecksilber	114
Arsen	119
Die Untersuchung von Pflanzenproben	125
Organische Schadstoffe	129
Die chlorierten Kohlenwasserstoffe HCB, Lindan + DDT	129
Die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe	131
Triazin - Rückstände	135
10. Das weitere Vorgehen	139
Die Bodenschutzabteilung	142
Zusammenfassung	143
Verwendete Literatur	147
Erläuterung der Abkürzungen	148
Impressum	149

Steirische Bodenzustandsinventur (4x4 km - Rastersystem)

1. Was ist Boden?

Als **Boden** bezeichnen wir jene dünne, belebte Schichte der Erdoberfläche, welche durch Verwitterung von Gesteinen und Umwandlung organischer Materialien (abgestorbene Pflanzen und Tiere) entstanden ist.

Der Boden ist durch chemische, physikalische und biologische Prozesse ständig in Veränderung begriffen. Dies gilt sowohl für natürliche Vorgänge, als auch im besonderen Maße für Einflußnahmen durch den Menschen. Der Boden befindet sich in einem untrennbaren Wechselspiel mit den beiden anderen Umweltmedien Wasser und Luft, die alle drei zusammen die Basis für die Existenz von Leben auf der Erde darstellen.

Die wichtigsten **Funktionen des Bodens** sind:

- Nährstofflieferant der Pflanzen
- Speicherung von Wasser

Mit der zunehmenden Schadstoffbelastung der Umwelt durch den Menschen ist es auch zweifelhafte Aufgabe des Bodens geworden, eingetragene Schadstoffe auszufiltern bzw. sie zu „entgiften“, sprich Schadstoffe zu binden, oder sie in weniger schädliche Substanzen umzuwandeln. Daß derartige Mechanismen kein Allheilmittel für Umweltsünden sein können, wurde in den letzten Jahren durch Grundwasserkontaminationen und schadstoffbelastete Lebensmittel immer wieder drastisch vor Augen geführt.

Ein gesunder, fruchtbarer Boden als Grundlage für die Erzeugung von Nahrungsmitteln ist daher keine Selbstverständlichkeit. Das Alter unserer Böden beträgt meist mehr als 10.000 Jahre, sodaß in menschlichen Dimensionen gemessen, der Boden ein unvermehrbares Gut darstellt, welches höchste Schutzpriorität verdient. Bodenschädigungen - und hier ist der Mensch als Hauptverursacher zu nennen - sind meist irreversibel und daher von Anfang an zu verhindern.

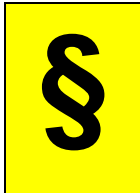
Wir stellen folgende zwei **Ansprüche an den Boden**:

1. Quantitativ gesehen muß der Bevölkerungsdichte entsprechend genug nutzbarer Boden als Produktionsfläche für Nahrungsmittel vorhanden sein.
2. Die Qualität des Bodens muß hinsichtlich der Schadstoffbelastung so gut sein, daß es möglich ist, gesunde Nahrungsmittel zu produzieren.

Um jedoch die Qualität des uns zur Verfügung stehenden Bodens festzustellen, ist eine **flächendeckende Bodenuntersuchung** der steirischen Böden notwendig. Die in diesem Bericht präsentierte Bodenzustandsinventur ist der erste Schritt dazu.

2. 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. 66) und die **Bodenschutzprogrammverordnung** (LGBl. 87).

In diesem Sinne wurden in einer **1. Untersuchungsphase** in den Jahren 1986 - 1989 in der Steiermark 119 Untersuchungsstandorte (Nichttraster) eingerichtet. 1990 - 1997 erfolgten 392 zusätzliche Untersuchungen im vom Bund vorgeschlagenen 4x4 km - Rasterystem (**2. Untersuchungsphase**). Seit 1997 (vereinzelt auch schon 1990 - 1992) werden weitere Nichttrasterstandorte eingerichtet, mit dem Ziel ein aussagekräftiges, flächendeckendes Untersuchungsnetz in der Steiermark zu schaffen (**3. Untersuchungsphase**).

Nur durch eine ausreichende Dichte an Untersuchungsstellen ist es möglich die Herkunft und flächenhafte Ausdehnung von Bodenbelastungen festzustellen und damit eine Grundlage für eventuelle Maßnahmen zu haben. Die parallel zur Vervollständigung des Untersuchungsnetzes seit 1996 durchgeführte Kontrolle von Untersuchungsstandorten im 10-Jahresabstand soll Aufschluß über Bodenveränderungen liefern.

Der vorliegende Bericht beschäftigt sich ausschließlich mit den Ergebnissen der Rasteruntersuchungen der 2. Untersuchungsphase des Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzprogrammes.

„In allen Zeiten ist es der Boden mit seiner Fruchtbarkeit gewesen, der über das Wohl und Wehe eines Volkes entschieden hat.“

(Justus von Liebig)

3. Durchführung der Rasteruntersuchungen

Vorgangsweise beim Aufbau des Untersuchungsnetzes

Seit dem Jahr 1990 wird die Bodenzustandsinventur der Steiermark gemäß den bundesweiten Empfehlungen der Arbeitsgruppe "Bodenzustandsinventur" der Österreichischen bodenkundlichen Gesellschaft nach einem Rasterystem durchgeführt. Das Rasternetz (ca. 4 x 4 km) wurde von der Österreichischen Waldbodenzustandsinventur übernommen und ergänzt dieses an den Nicht-Waldstandorten.

Standortfixierung:

Mittels eines computergestützten Rechenmodells werden als erster Schritt die genauen Koordinaten der Standorte berechnet. Für die Steiermark ergeben sich 1090 Standorte im Rasterabstand von 3889 x 3889 m. Diese Punkte werden dann mit größtmöglicher Genauigkeit in die Österreichkarte 1:50.000 eingezeichnet.

Nun werden jene Punkte, welche laut Karte in den Wald fallen, ausgesondert und es ergibt sich eine Soll - Anzahl von 455 Rasterstandorten, welche nicht im Wald liegen und somit von der Bodenzustandsinventur zu erfassen sind.

Die Bodenprobennahmen an diesen Untersuchungsstellen wurden 1990 begonnen und im Jahre 1997 (Wiederholungsprobennahmen 1998) abgeschlossen. 63 Standorte davon mußten als nicht beprobbar ausgesondert werden, sodaß letztlich **392 Standorte** im Rasterystem untersucht werden konnten.

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

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

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

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

Probennahme

Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm sieht vor, daß die Untersuchungsstandorte im ersten Jahr in mehreren Bodenhorizonten untersucht werden und daß im Folgejahr zur Absicherung dieser Ergebnisse eine Kontrollanalyse des Oberbodens stattfindet. Auf diese Weise wurden von den 392 Rasterstandorten **1.533 Bodenproben** untersucht.

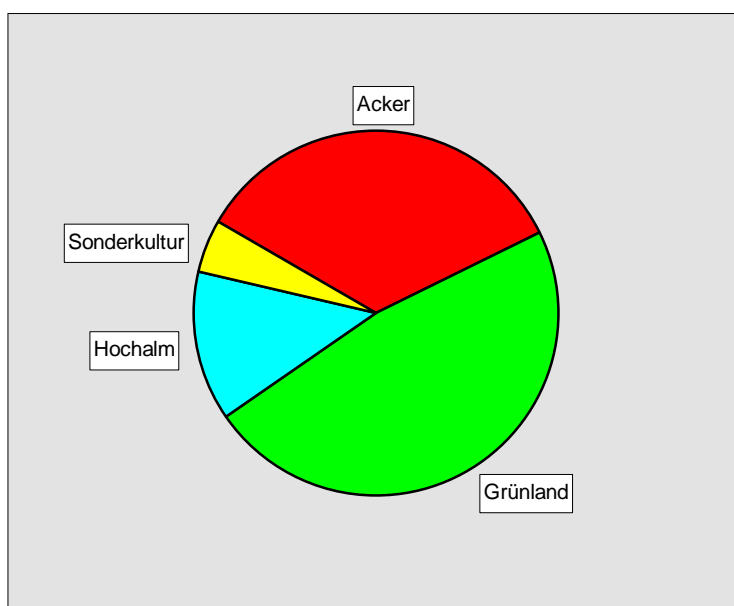
Geländearbeit:

Die Probennahmefläche stellt einen Kreis von 10 m Radius dar, dessen Mittelpunkt exakt vermessen und markiert wird. Bei der **Erstprobennahme** werden aus 4 Profilgruben des Kreises an den Stellen der Haupthimmelsrichtungen Proben aus meist 3 Bodenhorizonten entnommen (Acker: 0-20, 20-50, 50-70 cm und sonstige Flächen: 0-5, 5-20, 20-50 cm). Die 4 Einzelproben eines Bodenhorizontes werden zu einer Mischprobe vereint. Der Bodenkundler erstellt eine bodenkundliche Profilbeschreibung und erhebt geländespezifische Daten (Neigung, Morphologie, Wasserverhältnis, etc.).

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



Standortnutzung

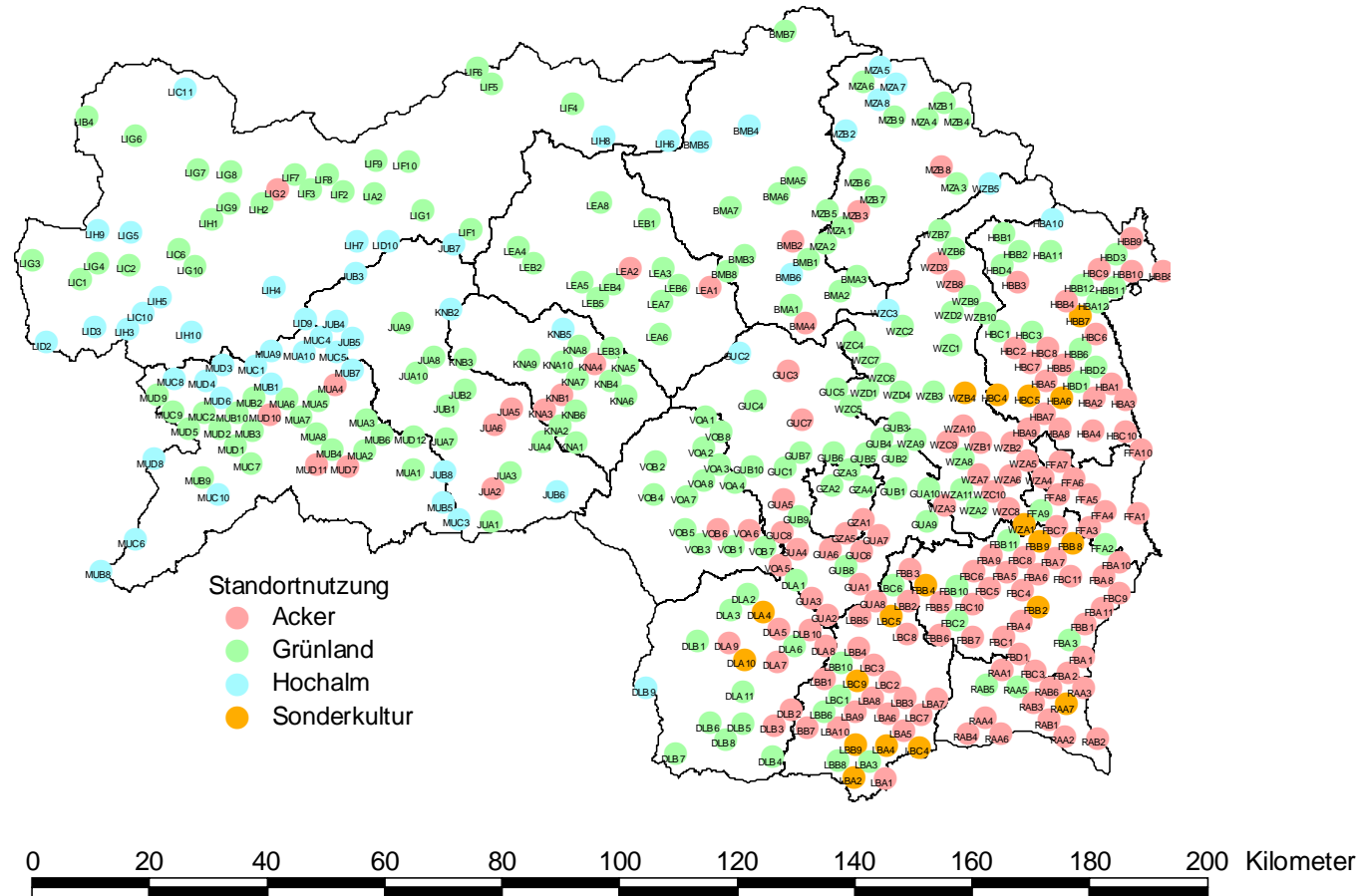


186	Grünlandstandorte
135	Ackerstandorte
52	Hochalmen
19	Sonderkulturen (Obst, Wein, Hopfen)

Die Unterscheidung zwischen Grünland und Hochalm erfolgte - von einigen regionalen Ausnahmen abgesehen - ab einer Seehöhe von ca. 1.200 m.

5 Standorte (HBB 3, WZB 1+8, MUA 4 und RAA 6) waren zum Zeitpunkt der Erstbeurteilung Grünland und wurden danach umgeackert, sodaß sie künftig als Ackerstandorte anzusprechen sind. Sie sind in der folgenden Übersichtskarte auch schon als Äcker ausgewiesen.

Raster-Standorte in der Steiermark



Die Verteilung der 392 Rasterstandorte des Bodenschutzprogrammes in den jeweiligen steirischen Bezirken:

Rasterstandorte in den Bezirken

Bezirk	Erstprobenahme	Standortbezeichnung	Anzahl
1. Graz	1995	GZA 1-5	5
2. Bruck/Mur	1994	BMA 1-7, BMB 1-6	13
	1995	BMB 7-8	2
3. Deutschlandsberg	1995	DLA 1-11, DLB 1-10	21
4. Feldbach	1993	FBA 1-11, FBB 1-11, FBC 1-11	33
	1995	FBD 1	1
5. Fürstenfeld	1991	FFA 1-10	10
6. Graz-Umgebung	1995	GUA 1-10, GUB 1-10, GUC 1-8	28
7. Hartberg	1991	HBA 1-12, HBB 1-12, HBC 1-9	33
	1992	HBC 10	1
	1995	HBD 1-4	4
8. Judenburg	1992	JUA 1-10, JUB 1-8	18
9. Knittelfeld	1992	KNA 1-10, KNB 1-5	15
	1995	KNB 6	1
10. Leibnitz	1993	LBA 1-10, LBB 1-10, LBC 1-8	28
	1995	LBC 9	1
11. Leoben	1994	LEA 1-8, LEB 1-6	14
12. Liezen	1990	LIA 2, LIB 4, LIC 1,2,6+10, LID 2, 9+10	9
	1991	LIC 11, LID 3	2
	1996	LIF 1-10, LIG 1-10, LIH 1-9	29
	1997	LIH 10	1
13. Mürzzuschlag	1994	MZA 1-8, MZB 1-4	12
	1995	MZB 5-9	5
14. Murau	1992	MUA 1-10, MUB 1-10, MUC 1-10, MUD 1-7	37
	1995	MUD 8-12	5
15. Radkersburg	1993	RAA 1-7, RAB 1-6	13
16. Voitsberg	1994	VOA 1-8, VOB 1-7	15
	1995	VOB 8	1
17. Weiz	1991	WZA 1-10, WZB 1-10, WZC 1-10	30
	1992	WZA 11	1
	1995	WZD 1-4	4

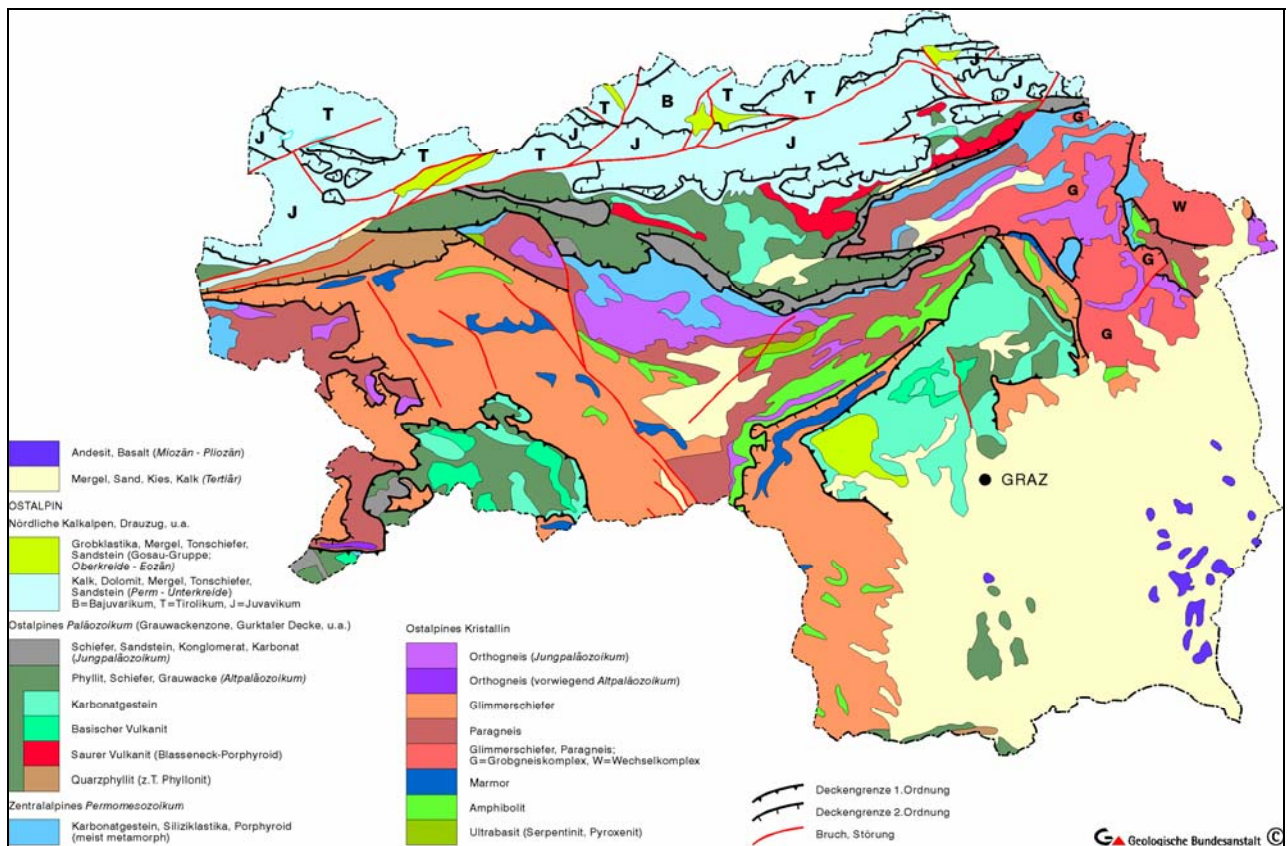
4. Geologie

Die nachfolgende Karte zeigt in vereinfachter Form einen Überblick der geologischen Einheiten der Steiermark.

Deutlich erkennbar sind die Kalkalpen (blau) im Norden des Landes und die jungtertiäre Beckenfüllung (gelb) im Süden bzw. Südosten der Steiermark. In letztere eingelagert findet man kleinere Inseln mit vulkanischer Entstehungsgeschichte.

Das polymetamorphe Grundgebirge (Ostalpines Kristallin) erstreckt sich hauptsächlich über den Bereich der Niederen Tauern, die Fischbacher Alpen und die Berge der Glein- und Koralpe.

Zwischen den Kalkalpen und dem kristallinen Bereich des polymetamorphen Grundgebirges erstreckt sich die erzeiche Grauwackenzone. In der Umgebung von Murau und nördlich von Graz befindet sich das Murauer- bzw. Grazer Paläozoikum.



(Quelle: Geologische Bundesanstalt, Wien)

Geologische Großräume in der Steiermark:

Quartär: In diesen Bereich fallen jene geologischen Ereignisse, welche sich in den letzten ca. 2 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 ca. 2 - 65 Millionen Jahren. Geografisch gesehen handelt es sich um das große tertiäre Becken der Südost - und Weststeiermark und andere kleinere inneralpine Beckenfüllungen. Auch die Vulkanreste der Oststeiermark sind in dieser Zeit entstanden.

Die tertiären Ablagerungen umfassen diverse Schotter, Lehme und Sande, sowie Konglomerate und Brekzien.

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

Zu den Gesteinen dieses Großraumes zählen Kalke und Dolomite.

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

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

Paläozoikum: Dazu zählen geologische Formationen aus der Zeit des Erdaltertums von ca. 230 - 580 Millionen Jahren.

In der Steiermark handelt es sich um die Gebiete des Murauer- und Grazer Paläozoikums, sowie kleinerer Bereiche im Sausal.

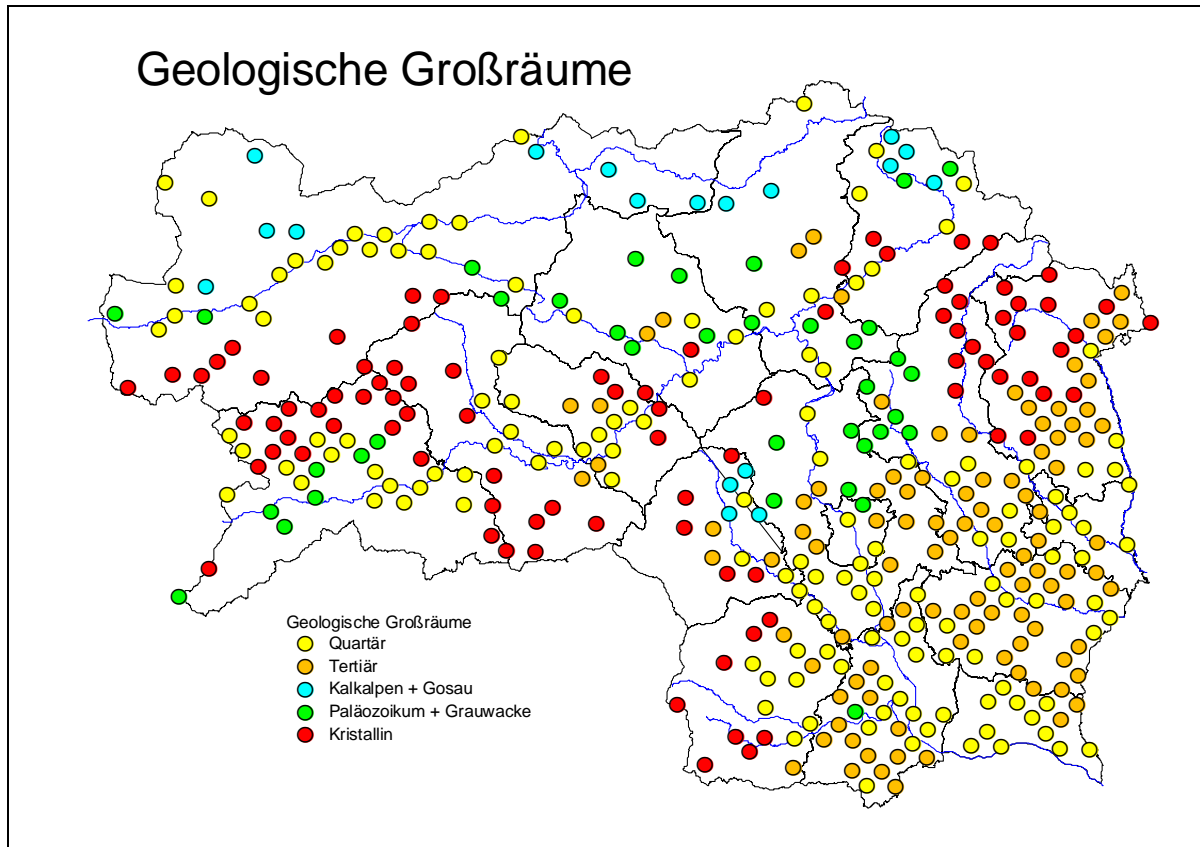
Ebenfalls aus diesem Zeitraum stammt die **Grauwackenzone** (GWZ). Ihre Gesteine sind sehr erdreich und sie erstreckt sich im wesentlichen im Bereich zwischen den Kalkalpen und dem kristallinen Großraum.

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

Der kristalline Bereich umfaßt grob gesprochen die Gebiete der Niederen Tauern, der Kor- und Gleinalpe sowie des Wechselgebietes.

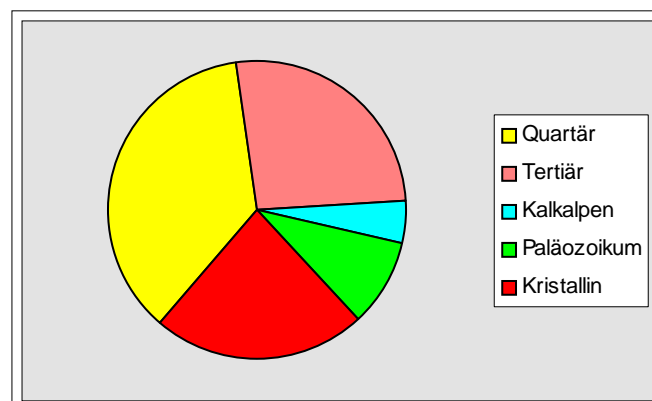
Die 392 Rasterstandorte des Bodenschutzprogrammes verteilen sich auf die geologischen Großräume der Steiermark wie folgt:

Geologischer Großraum	Anzahl Standorte
Quartär	144
Tertiär	103
Kalkalpen + Gosau	18
Paläozoikum + Grauwackenzone (GWZ)	37
Kristallin	90



Darstellung der Rasterpunkte der Steiermark in den geologischen Großräumen

Die Verteilung der 392 Rasterpunkte in den geologischen Großräumen:



5. Bodentypen

Böden, welche den gleichen Entwicklungszustand, der durch eine bestimmte Horizontkombination charakterisiert wird, aufweisen, bilden einen **Bodentyp**.

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.

Auböden:

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

Man unterscheidet: Rohauböden, Graue Auböden, Braune Auböden und Schwemm-
böden.

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 Sauerstoffmangel (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 Schichte 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, Relikt-pseudogley und Terra Fusca.

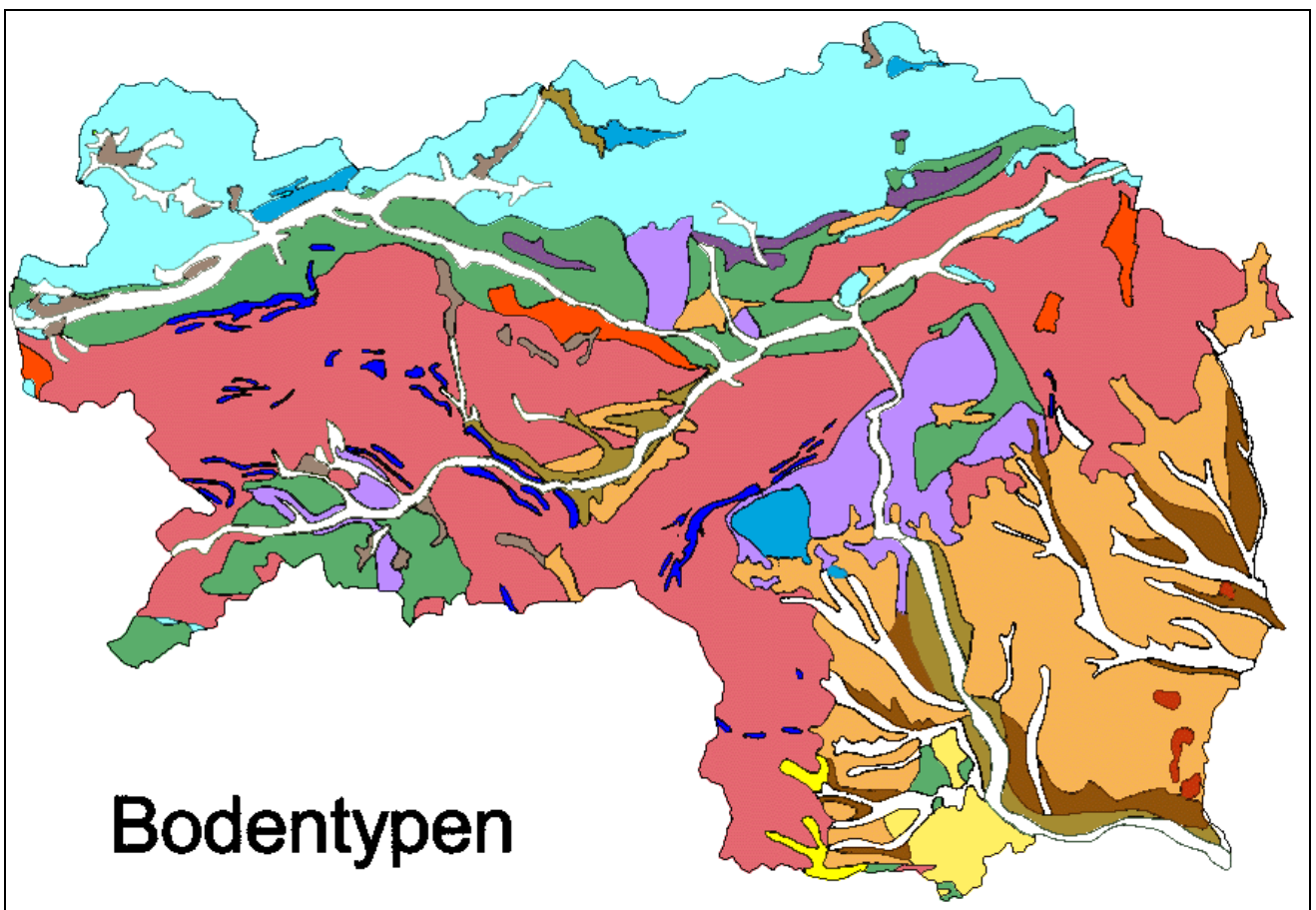
Atypische Böden:

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

















Gestörte Böden (Rest-, Kulturroh- und Rigolböden)

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

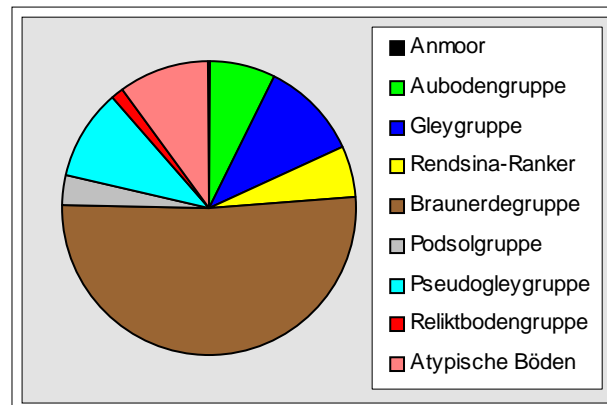
Die nachfolgende Karte zeigt in vereinfachter Form einen Überblick der verschiedenen Bodentypen in der Steiermark.



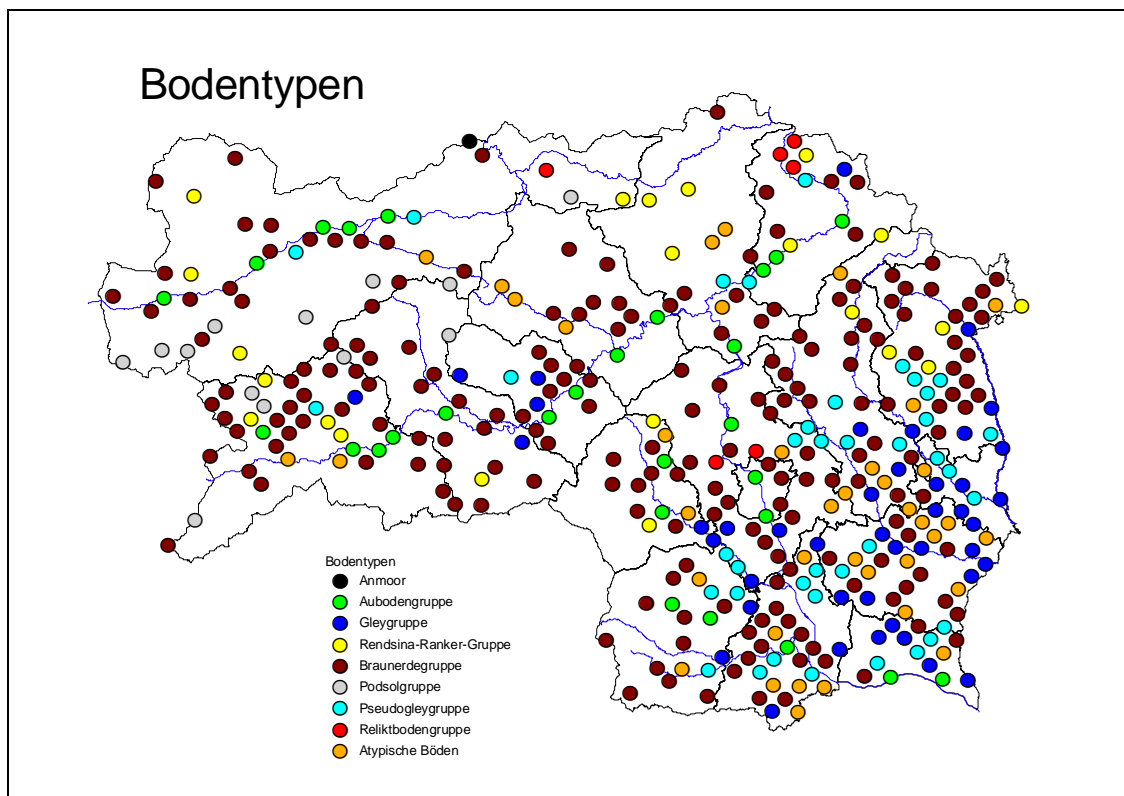
Legende Bodentypen - Karte:

Signatur	Bodenbildendes Ausgangsmaterial - Bodentypen
	<p>Talböden (Schwemmmaterial) Enns: Kalkhaltige Graue Auböden, Gleye, Moore, Anmoore Auf Schwemmkegel und Schwemmfächer: Pararendsinen, Ranker und Braunerden Mur (Oberlauf), Mürz: Graue Auböden, Gleye Auf Schwemmkegel und Schwemmfächer: Pararendsinen, Ranker und Braunerden Mur (südl. von Graz): Kalkhaltige Graue Auböden, kalkfreie Braune Auböden und Gleye Hügellandtäler: Gleye, allochthone Braune Auböden, Pseudogleye</p>
	<p>Niederterrassen Kalkfreie Braunerden (dominant), Ranker, pseudovergleyte Braunerden, Pseudogleye</p>
	<p>Mittel- und alteiszeitliche Terrassen Typische und Extreme Pseudogleye, Parabraunerden</p>
	<p>Glazialer Bereich (Moränen und fluvioglaziale Sedimente) Pararendsinen, Ranker, Braunerden, Pseudogleye, Hangpseudogleye, Moore, Gleye</p>
	<p>Kalkfreie Tertiärsedimente Kulturrohböden, kalkfreie Braunerden (zum Teil pseudovergleyt), Hangpseudogleye</p>
	<p>Kalkhaltige Tertiärsedimente Pararendsinen, Rigolböden, Braunerden, Braunlehme und Pelosole</p>
	<p>Tertiäre Blockschotter Kalkfreie Braunerden, Ranker und Braunlehmreste</p>
	<p>Vulkangesteine (Tertiär - Miozän) Braunlehme, Rigolböden und kalkfreie Braunerden</p>
	<p>Gosauschichten (Mergel, Sandstein, Konglomerat) Braunerden, Pararendsinen, Ranker und Farbortsböden</p>
	<p>Mesozoische Karbonatgesteine (Kalk, Dolomit) und Werfener Schichten Rendsinen, Rohböden, Braunerden und Braunlehme</p>
	<p>Quarzite Kalkfreie Braunerden (zum Teil mit Podsolierung), pseudovergleyte Braunerden, Ranker und Rohböden</p>
	<p>Paläozoische Kalke und Dolomite Rendsinen, kalkhaltige Braunerden, Braun- und Rotlehme</p>
	<p>Paläozoische Tonschiefer, Phyllite und Grünschiefer Kalkfreie Braunerden, Ranker, Hanggleye und Farbortsböden</p>
	<p>Paläozoische Porphyroide Kalkfreie Braunerden und Ranker</p>
	<p>Kristallin Kalkfreie Felsbraunerden (zum Teil mit Podsolierung), Ranker, Rohböden und Podsole</p>
	<p>Marmor und Kalkschiefer Rendsinen und kalkhaltige Braunerden</p>

Die 392 Rasterstandorte des Bodenschutzprogrammes verteilen sich auf die Bodentypengruppen der Steiermark wie folgt:



Bodentypen	Anzahl Standorte
Anmoor	1
Aubodengruppe	28
Gleygruppe	43
Rendsina-Ranker-Gruppe	22
Braunerdegruppe	201
Podsolgruppe	13
Pseudogleygruppe	39
Reliktbodengruppe	6
Atypische Böden	39



Die Bodentypengruppen der Rasterpunkte der Steiermark

6. Bodenbildendes Ausgangsmaterial

In Anlehnung an die bundesweite Empfehlung zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise bei Bodenzustandsinventuren wurden die untersuchten Böden folgenden bodenbildenden Ausgangsmaterialien zugeordnet:

Metamorphe Gesteine

Quarzit
Gneis, Granulit
Amphibolit
Grünschiefer, Chloritschiefer
Phyllit
Glimmerschiefer
Marmor

Feste Sedimentgesteine

Konglomerat, Brekzie
Sandstein
Mergel
Kalk
Dolomit

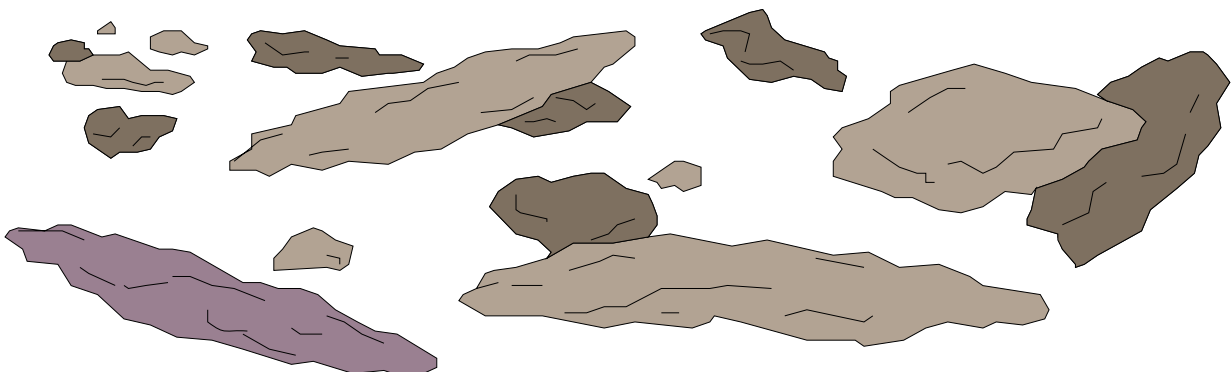
Lockersedimente

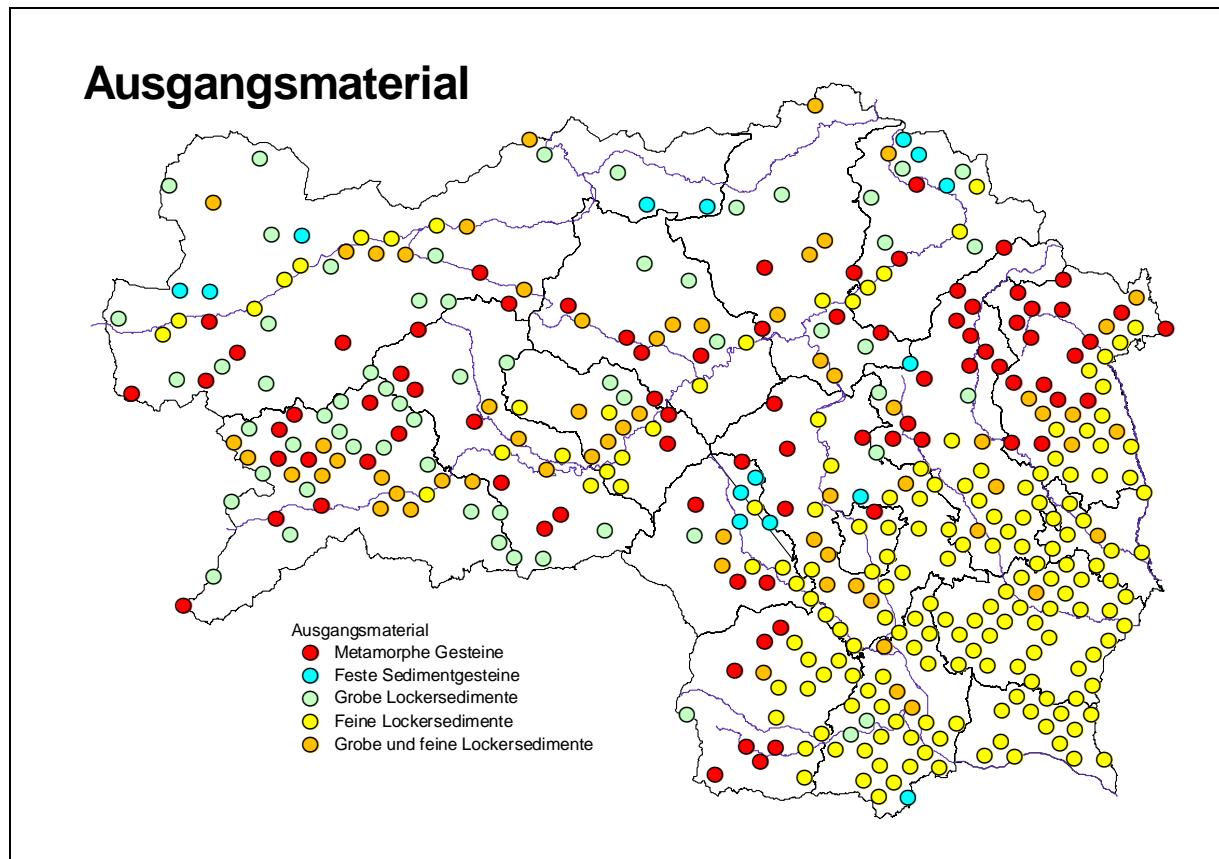
Grobe Lockersedimente

Schotter
Moräne
Hangschutt
Sonstige

Feine Lockersedimente

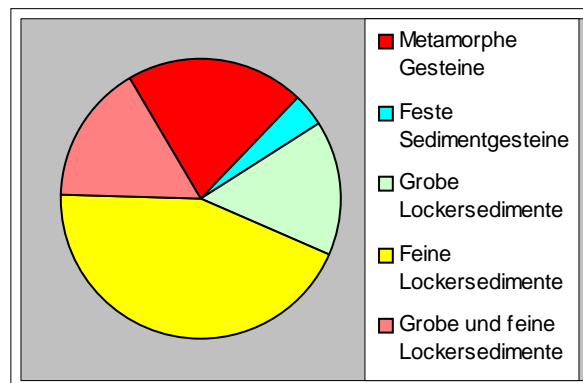
Grobe und feine Lockersedimente gemischt





Das bodenbildende Ausgangsmaterial der Rasterpunkte der Steiermark

Die 392 Rasterstandorte des Bodenschutzprogrammes verteilen sich auf die bodenbildenden Ausgangsmaterialien der Steiermark wie folgt:



Ausgangsmaterial	Anzahl Standorte
Metamorphe Gesteine	82
Feste Sedimentgesteine	15
Grobe Lockersedimente	60
Feine Lockersedimente	171
Grobe und feine Lockersedimente	64

7. Erosion

Geologen und Geographen verstehen unter Erosion die ausfurchende und einschneidende Wirkung des fließendes 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.

Mit Hilfe der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung nach Wischmeier und Smith (1978) läßt sich der durchschnittliche langfristige Bodenabtrag (A) berechnen.

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Folgende Faktoren beeinflussen die Erosionsanfälligkeit einer Fläche:

- R Niederschläge (Menge, Dauer, Intensität)
- K Bodeneigenschaften (Gefüge, Permeabilität, Bodenart)
- L Hanglänge
- S Hangneigung
- C Bodenbedeckung und -bearbeitung
- P Erosionsschutzmaßnahmen

Eine Übersicht der erosionsgefährdeten Flächen für Österreich stammt aus dem Jahr 1986 und ist in folgender Abbildung für die Steiermark dargestellt.



Erosionsgefährdete Flächen in der Steiermark - erstellt nach Grundlagen der Finanzbodenschätzung und der Österreichischen Bodenkartierung, Stand 1986 (*Klaghofer, 1987*).

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 arbeitsaufwendige 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 in der Steiermark:

- Ausräumung der einst reichgegliederten 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.

Über das flächenhafte Vorkommen der Bodenerosion und die abgetragenen Bodenmengen in der Steiermark stehen keine detaillierten landesweiten Angaben zur Verfügung.

Aus dem Jahr 1993 existiert eine Arbeit die im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung erstellt wurde und die sich mit der „Ermittlung erosionsgefährdeter Gebiete der Kleinregion Feldbach“ (Gosch, Madler, Mörth - 1993) beschäftigt.

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

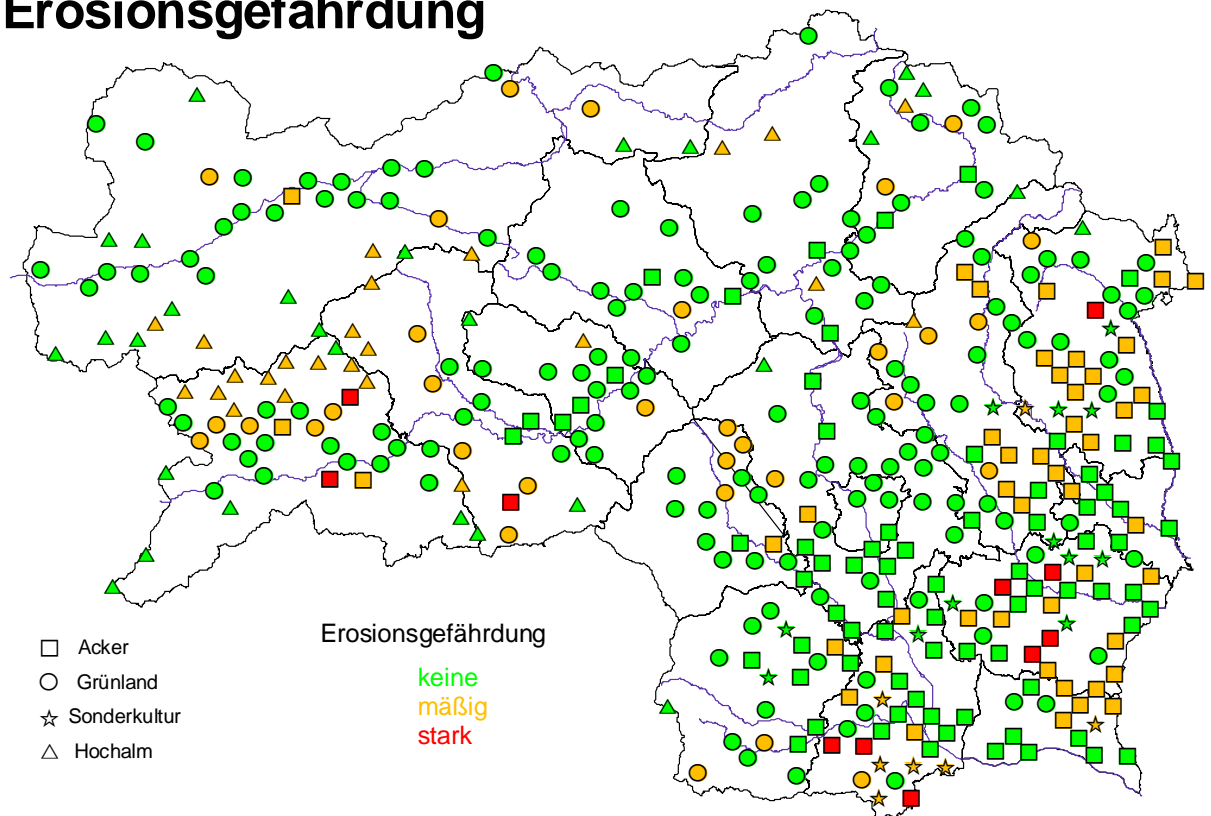
Erosionsgefährdung:	stark	mäßig	keine
Acker und Hopfenanlagen	> 10°	5 - 10°	0 - 4°
Grünland, Hochalmen und Obstanlagen	---	≥ 20°	0 - 19°
Weinanlagen	---	≥ 10°	0 - 9°

An **271** der 392 Rasterstandorte des Bodenschutzprogrammes in der Steiermark besteht keine und an 110 Untersuchungsstellen eine mäßige Erosionsgefährdung. Eine starke Erosionsgefährdung besteht an folgenden **11** Ackerstandorten:

HBB 4, JUA 2, MUA 4, LBA 1+10, LBB 7, FBA 4, FBC 1, 6+8 und MUD 11.

Die folgende Karte stellt die Erosionsgefährdung der 392 Rasterpunkte des Bodenschutzprogrammes in der Steiermark grafisch dar:

Erosionsgefährdung



Die Erosionsgefährdung der Rasterstandorte in der Steiermark.

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 Rohrerträgen produzierbar sind. Dies werden weiterhin Reihenfrüchte wie Mais oder Ölkürbis sein, die besonders erosionsanfällig sind.

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

Stillege- und Aufforstungsprogramme für extreme Hanglagen stellen einen weiteren Lösungsansatz dar.

Die finanzielle Förderung von **Fruchtfolgen** mit hohem Bedeckungsgrad ist ebenfalls zu befürworten.

8. 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.

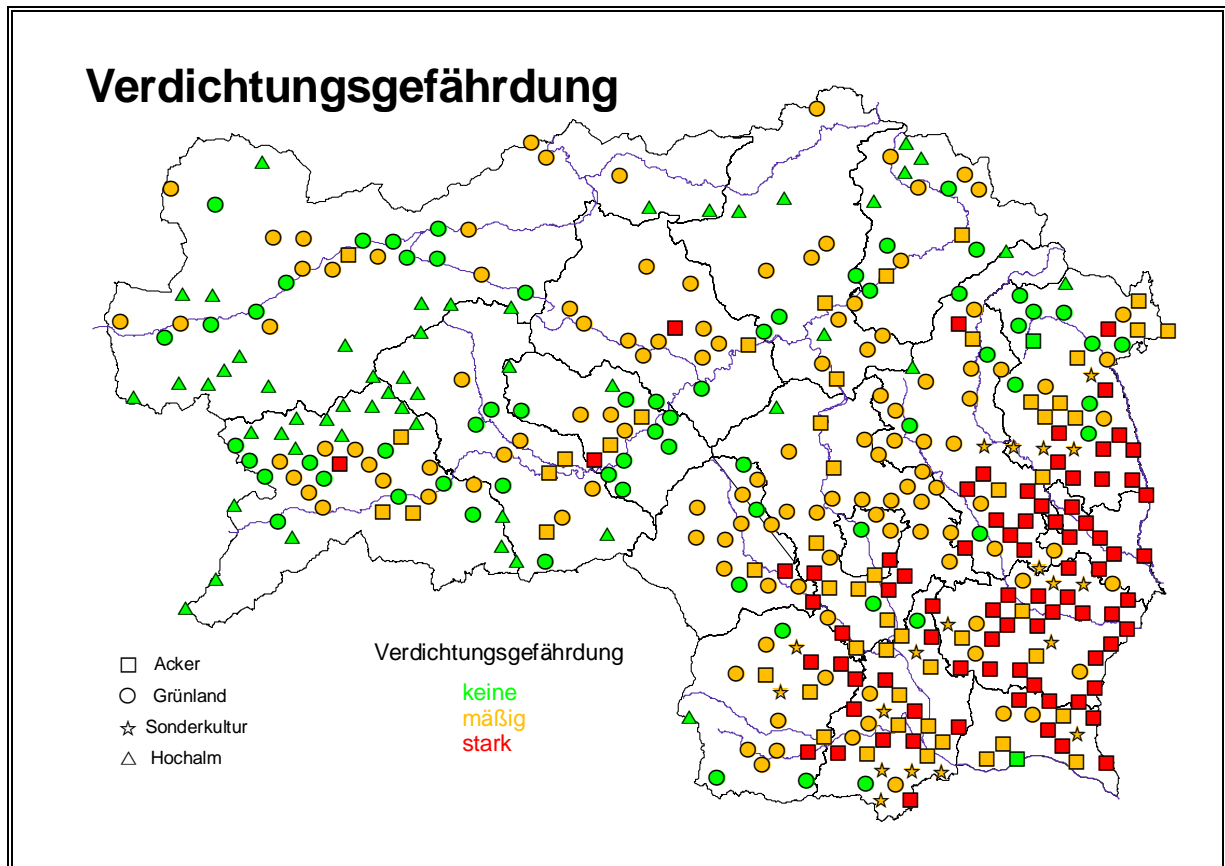
Zu den vom Menschen verursachten Einwirkungen zählen:

- 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 die Kulturpflanzen einerseits ausreichend mit Nährstoffen versorgt werden, andererseits das Bodenleben gefördert wird und dadurch günstige Voraussetzungen zur Erhaltung der Bodengare geschaffen werden (z.B. Gründüngung oder Stallmist ergänzt durch mineralischen Dünger).

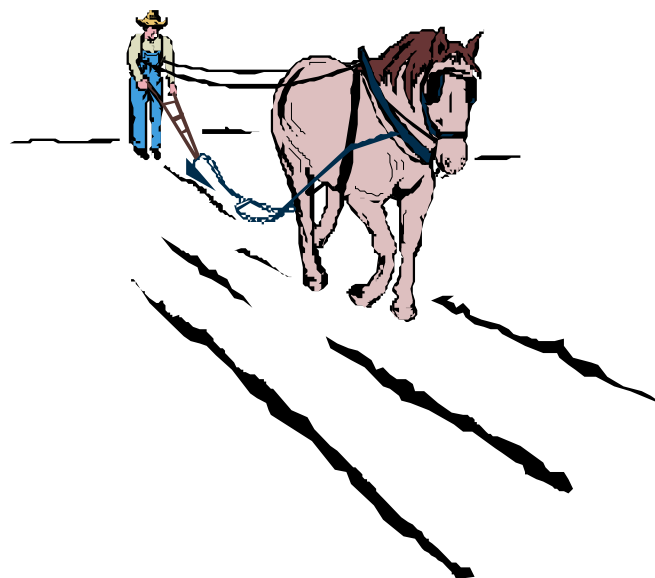
Eine grobe Abschätzung der Gefahr von Bodenverdichtung an den Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes erfolgte entsprechend der nachstehenden Tabelle nach **Nutzungsart** und **Bodenschwere** (abgeleitet aus dem Tongehalt des Bodens):

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



Die Verdichtungsgefährdung der Rasterstandorte in der Steiermark.

Aus der Karte erkennt man deutlich die erhöhte Gefahr von Bodenverdichtungen in den landwirtschaftlich stark genutzten Teilen der südlichen Steiermark, welche vor allem bei schweren Böden zu beachten ist. Dort muß durch eine geeignete landwirtschaftliche Bearbeitungstechnik der Bodenverdichtungsgefahr entgegnet werden.



„Antike“ Darstellung aus einer Zeit ohne Bodenverdichtung.

9. Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur

Dieser Berichtsteil befaßt sich vorwiegend mit der statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse der 392 Untersuchungsstellen des 4x4 km - Rasters. Besonderes Augenmerk wird dabei auf grafische Darstellungsmöglichkeiten gelegt.

Mit Ausnahme von 30 Nachtragsstandorten im Bezirk Liezen wurden die Einzelergebnisse bereits in den Bodenschutzberichten 1992 bis 1997 diskutiert. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, daß es möglich ist, die gesamten Einzeldaten des Bodenschutzprogrammes im Internet abzurufen.

Die **Internet - Adresse** im Landes-Umwelt-Informationssystem der Steiermark (LUIS) lautet:

<http://www.stmk.gv.at/luis/umweltschutz/bodenschutz/startseite/index.htm>



Ausgehend von einer Übersichtskarte der Steiermark läßt sich jeder Untersuchungsstandort per Mausclick anwählen und man gelangt unmittelbar zu den Einzelwerten der durchgeführten Untersuchungen. Weiters können zu jedem Parameter Erklärungen zur Wertinterpretation abgerufen werden. Auch die bodenkundlichen Profilbeschreibungen sind dem Internetbenutzer zugänglich.

Die Übersichtskarte der Steiermark wurde trotz der Möglichkeit, Einzelbereiche vergrößert darstellen zu können so gestaltet, daß die Anonymität der Grundstücksbesitzer gewahrt bleibt.



Allgemeines

Die Untersuchung der Parameter erfolgte gemäß der [Bodenschutzprogrammverordnung](#), wobei die Analyse der chlorierten und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe prinzipiell nur im Oberboden erfolgte und der jeweilige Unterboden nur bei Auffälligkeiten im Gehalt der Krümme kontrolliert wurde. Triazinherbizid-Rückstände wurden nur an Ackerstandorten untersucht und die Bestimmung der Korngrößen (Sand-Schluff-Ton) erfolgte nur im Erstuntersuchungsjahr.

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

Zur Bewertung werden in erster Linie die Mittelwerte der Oberböden herangezogen. Die Ergebnisse der Unterböden werden erst bei speziellen Fragestellungen bzw. Auffälligkeiten im betreffenden Oberboden berücksichtigt.

„Ein Wert ist kein Wert!“

An allen Standorten wurde der Oberboden im Folgejahr nach der Erstbeprobung nochmals untersucht. Nur am Standort FBA 9 konnte diese Wiederholungsanalyse nicht erfolgen, da der Grundstückseigentümer weitere Probenahmen nicht zuließ.

Diese **Vorgangsweise einer wiederholenden Kontrolluntersuchung** wird in der Steiermark als einzigem Bundesland Österreichs durchgeführt. Es wird dadurch die statistische Sicherheit der Analysenwerte erhöht und damit eine wesentlich bessere Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse erreicht.

Hier ist es angebracht einige allgemeine Bemerkungen zur **Genauigkeit von Meßergebnissen** zu machen:

- Jedes Meßergebnis ist fehlerbehaftet!
- Der wahre Wert ist unbekannt und kann auch nicht ermittelt werden. Man kann sich nur mit einer gewissen Genauigkeit dem wahren Wert nähern.
- Die Qualität des Meßergebnisses ist abhängig von der Anzahl der Wiederholungsmessungen und somit auch von Zeit und Geld. Daher ist die Genauigkeit eines Meßergebnisses auch ein Kompromiß zwischen den zur Verfügung stehenden Mitteln und dem Ausmaß des Analysenfehlers.

Bei Bodenuntersuchungen können im wesentlichen in folgenden drei Bereichen Fehler entstehen:

1. Bei der Probennahme.
2. Bei der Aufbereitung der Bodenproben.
3. Beim Analysengang.

ad 1.) Fehlerquellen bei der Probennahme:

Zu geringe Anzahl von Einzelproben: Bei den Probennahmen des Bodenschutzprogrammes werden seit 1990 Mischproben aus 4 Profilgruben geworben. Dies ist für die meisten Standorte ausreichend, kann aber bei Böden mit hoher kleinräumiger Variabilität Fehler verursachen.

Meßfehler bei der Festlegung der Entnahmetiefen: Dieser Fehler tritt besonders bei Böden mit einem fließenden Übergang vom Auflagehumus zum obersten mineralischen Bodenhorizont auf.

Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Probennahme des Oberbodens im Grünland: Üblicherweise wird bei der Probennahme ein Rasenziegel bestehend aus Gras, Auflagehumus und Mineralboden so lange ausgeklopft bis alle feinen Staubpartikel aus dem Wurzelfilz entfernt sind. Bei feuchten Bodenverhältnissen ist dies unmöglich, sodaß dann der Wurzelfilz mit einem Messer vom Mineralboden abgetrennt wird. Dadurch geht aber der Anteil der Feinpartikel verloren, was vor allem bei umweltbedingten Schadstoffen Mindergehalte vortäuschen kann.

Falsche Einmessung des Standortes bei Wiederholungsprobennahmen: Dieser Fehler wird durch die Verwendung von Metallmarken, vergrabenen Magneten (Acker) und Standortfotos weitestgehend ausgeschaltet.

Nicht erkannte Veränderungen am Standort bei Wiederholungsprobennahmen: Grabarbeiten (Kanal, Drainagen), Aufbringung von Fremdmaterial, Planierungen.

Einfluß der zeitlichen Variabilität der Untersuchungsparameter: Da die Wiederholungsprobennahmen nie zum selben Zeitpunkt und unter denselben klimatischen Voraussetzungen, wie die Erstprobennahmen erfolgen können, ist mit einem unvermeidlichen temporären Fehler zu rechnen. Wie groß der Einfluß der zeitlichen Schwankungen auf den Analysenfehler ist, wird derzeit in einem speziellen Projekt bearbeitet.

ad 2.) Fehlerquellen bei der Probenaufbereitung:

Trocknung bei nicht konstanter Temperatur: Dieser Fehler bei der hieramts durchgeführten Lufttrocknung kann sich besonders bei stark humosen Proben bemerkbar machen.

Mangelnde Homogenisierung der Mischprobe: Kann durch das Sieben der gesamten Mischprobe und sorgfältiges Probenvermengen weitestgehend vermieden werden. Das überschüssige Probenmaterial wird erst danach verworfen.

Zeiteinfluß beim Siebvorgang: Bei der Siebung auf 2 mm Korngröße werden locker verbundene Aggregate von Bodenteilchen zerteilt und mitgesiebt. Bei zu langem Siebvorgang werden aber auch stärker verklebte Aggregate mitvermahlen, welche normalerweise ausgesondert werden. Probleme mit sehr kompakten Proben ergeben sich vor allem bei tonreichen feucht-geworbenen Proben.

Schwermetallabrieb beim Siebvorgang: Hier kann vor allem bei stark grobstoffreichen Proben der Eisengehalt verfälscht werden.

Probenkontamination im Labor: Die Zeit, in der die Bodenproben in nicht geschlossenen Gefäßen gehandhabt werden müssen, ist zu minimieren.

ad 3.) Fehlerquellen bei der Analyse:

Blindwertprobleme: Diese Fehlerquelle läßt sich durch kontinuierliche Blindwertmessungen, welche den gesamten Analysengang berücksichtigen, weitestgehend vermeiden.

Allgemeine Meßfehler: Sie sind prinzipiell ein unvermeidliches Charakteristikum jeder analytischen Messung, können aber durch Mehrfachmessungen, Wiederholungsuntersuchungen und Verwendung von Kontrollstandards minimiert werden.

Weitere allgemeine Fehler:

Probenvertauschung: Dieser Fehler kann bei der Probennahme, der Probenaufbereitung und der Eingabe der Analyseergebnisse in die EDV passieren. Er kann aber oft beim Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit Wiederholungsproben erkannt werden.

Fehler bei der EDV-technischen Datenverwaltung: Obwohl die Verwaltung der Untersuchungsdaten durch die EDV wesentlich zur Datensicherheit beiträgt, sind auch hier viele Fehlerquellen denkbar (falsche Werteingabe, ungewolltes Überschreiben, Parametervertauschung, Einheitenfehler, ...). Eine wesentliche Verbesserung der Datensicherheit brachte hieramts die Einführung der Online-Meßwertübernahme vom Analysengerät direkt in die EDV.

Statistische Auswertung der Analysendaten

Mittelwert: Arithmetisches Mittel der Untersuchungsergebnisse. Der Mittelwert wird stark von Extremwerten beeinflusst.

Medianwert: Der Medianwert ist gegen Extremwerte unempfindlich und daher für die meisten Fragestellungen dem Mittelwert vorzuziehen.

Standardabweichung (STA): Ist ein Maß für die Schwankung der Untersuchungsergebnisse. Die Standardabweichung angegeben in Prozent vom Mittelwert wird Relative Standardabweichung genannt.

Bei Analysendaten wird meist die **zweifache Standardabweichung** zur Angabe der Analysenschwankungen herangezogen.

Ausgehend von diesen statistischen Grundparametern werden folgende Begriffe definiert:

Nachweisgrenze: Ist jene Konzentration, welche sich aus dem Blindwert plus 3x STA errechnet. Unter der Nachweisgrenze ist weder eine qualitative noch eine quantitative Auswertung der Analysendaten möglich.

Bestimmungsgrenze: Ist jene Konzentration, welche sich aus dem Blindwert plus 10x STA errechnet. Unter der Bestimmungsgrenze ist eine quantitative Auswertung der Analysendaten nicht möglich, qualitative Aussagen können aber getroffen werden.

Die Bestimmung von Nachweis- und Bestimmungsgrenzen ist zeitlich aufwendig (oftmalige Blindwertmessungen) und gilt nur für die aktuelle Meßserie. Für manche Analysen ist die Bestimmung des Blindwertes auch nur schätzungsweise über das Grundlinienrauschen der Meßapparatur durchführbar.

Da sich die Schwankungsbreite eines Meßwertes zusätzlich aus vielen Fehlereinflüssen von der Probennahme, über Aufarbeitung bis zur Messung hin addiert, wird häufig ein aus der Erfahrung vieler Meßergebnisse abgeleiteter „Analysefehler“ angegeben. Er wurde hier wie folgt errechnet:

Analysefehler: Aus den Meßwerten der Erst- und der Wiederholungsuntersuchung wird die zweifache Standardabweichung berechnet und ihr Medianwert bestimmt.

Diese Art der Fehlerermittlung ist natürlich nur dann zulässig, wenn in der Zeit zwischen Erst- und die Wiederholungsuntersuchung keine nennenswerten Einträge (zum Beispiel: Düngung), bzw. Abbauvorgänge (zum Beispiel: Atrazin) stattfinden.

Da jedoch Bodenveränderungen in der Regel langsam vor sich gehen und der zur Fehlerermittlung verwendete Medianwert unempfindlich gegen Extremwerte ist, stellen die hier errechneten Analysefehler dennoch eine gute Abschätzung der wahren Verhältnisse dar.

Die Angabe der Untersuchungsergebnisse ist daher folgendermaßen zu verstehen:

Mittelwert aus Erst- und Wiederholungsuntersuchung \pm Analysefehler

Die den Berechnungen zugrunde liegende Statistik garantiert eine 95,5 %ige Sicherheit des innerhalb dieses Schwankungsbereiches liegenden Analysenwertes.

Die folgende Tabelle listet die **Analysefehler** der untersuchten Parameter auf.

Analysenfehler der Untersuchungsparameter:

(berechnet aus 2x STA)

Parameter	Einheit	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Humus	%	0	29,84	1,39	0,57
P2O5	mg/100g	0	70,71	3,63	2,83
K2O	mg/100g	0	107,48	6,35	4,24
pH-Wert	---	0	1,56	0,19	0,14
CaCO ₃ > 0	%	0	9,19	0,54	0,14
CaKat	mg/100g	0	236,17	34,79	22,63
MgKat	mg/100g	0	125,3	5,55	3,39
KKat	mg/100g	0	82,31	5,23	3,54
NaKat	mg/100g	0	5,23	0,45	0,28
Mg	mg/100g	0	41,01	2,76	1,41
Bor	mg/kg	0	7,64	0,19	0,14
EDTA-Cu	mg/kg	0	25,31	1,24	0,71
EDTA-Zn	mg/kg	0	60,10	2,75	1,56
EDTA-Mn	mg/kg	0	445,48	51,11	31,11
EDTA-Fe	mg/kg	0	1697,06	183,32	103,24
Fluor	mg/kg	0	2,06	0,20	0,11
Cu	mg/kg	0	67,18	4,55	3,25
Zn	mg/kg	0	109,32	10,89	6,93
Pb	mg/kg	0	229,10	5,52	2,69
Cr	mg/kg	0	64,35	3,32	4,81
Ni	mg/kg	0	46,81	3,62	2,55
Co	mg/kg	0	17,25	1,52	1,27
Mo	mg/kg	0	0,55	0,10	0,08
Cd	mg/kg	0	4,53	0,07	0,03
Hg	mg/kg	0	1,94	0,04	0,03
As	mg/kg	0	51,05	2,05	1,27
PAH-Summe	µg/kg	0	1661,70	32,42	15,56
DDT > 10	µg/kg	0	244,66	27,08	14,85

Für die Parameter Sand, Schluff und Ton konnte kein Analysenfehler ermittelt werden, da die Bodenproben wegen der zeitaufwendigen Bestimmung nur einmal untersucht wurden.

Auch für die beiden chlorierten Kohlenwasserstoffe Lindan und HCB konnte der Analysenfehler nicht errechnet werden, da die selten gefundenen Rückstände stets kleiner als die Bestimmungsgrenze waren. Der Analysenfehler dürfte aber in der Größenordnung desjenigen für DDT liegen.

Die nachstehende [Tabelle](#) zeigt eine Übersicht über Minimum, Maximum, Mittelwert und Median der Untersuchungsergebnisse aller Parameter in den Oberböden der Standorte.

Parameterverteilung im Oberboden:

Parameter	Einheit	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median
Sand	%	2,00	71,00	34,30	34,00
Schluff	%	14,00	81,00	47,63	48,00
Ton	%	2,00	53,00	18,07	17,00
Humus	%	1,50	54,10	7,02	5,40
P2O5	mg/100g	1,00	77,50	9,55	5,50
K2O	mg/100g	4,00	104,00	20,52	17,50
pH-Wert	---	3,05	7,30	5,40	5,35
CaCO ₃ > 0	%	0,05	36,95	1,78	0,10
CaKat	mg/100g	9,50	2214,50	273,66	242,75
MgKat	mg/100g	3,20	161,90	28,39	24,08
KKat	mg/100g	2,15	84,40	16,09	12,65
NaKat	mg/100g	0,30	5,65	1,27	1,15
Mg	mg/100g	2,50	97,00	17,92	16,00
Bor	mg/kg	0,05	4,10	0,46	0,30
EDTA-Cu	mg/kg	1,15	162,00	6,97	5,00
EDTA-Zn	mg/kg	1,30	180,20	9,62	6,57
EDTA-Mn	mg/kg	3,50	2173,00	315,19	282,75
EDTA-Fe	mg/kg	156,50	3850,00	672,63	516,00
Fluor	mg/kg	0,06	5,21	0,76	0,51
Cu	mg/kg	3,20	242,75	28,89	25,40
Zn	mg/kg	13,13	1017,90	102,24	94,88
Pb	mg/kg	9,15	2019,00	38,02	24,15
Cr	mg/kg	4,20	174,07	43,51	40,92
Ni	mg/kg	0,85	100,90	29,08	27,33
Co	mg/kg	0,15	40,40	13,11	12,95
Mo	mg/kg	0,17	7,15	0,95	0,80
Cd	mg/kg	0,07	21,47	0,43	0,24
Hg	mg/kg	0,05	4,85	0,16	0,12
As	mg/kg	0,30	413,95	15,23	11,45
PAH-Summe	µg/kg	10,50	3497,50	85,76	45,50
DDT > 15	µg/kg	17,50	139,00	50,59	31,50



Grünlandstandort im Bezirk Liezen.

Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe:

Sand, Schluff, Ton:

Die Bestimmung dieser drei Korngrößenfraktionen erfolgt laut Bodenschutzprogramm-Verordnung nur im Erstbeprobungsjahr. Die Untersuchung kann nur bis maximal 15 % Humus durchgeführt werden, sodaß sie an stark humosen Böden (38 Hochalm- und 2 Grünlandstandorte) unterbleiben mußte. In Summe erfolgte die Korngrößenbestimmung also an 352 Standorten.

Allgemeines:

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

- „Schwerer“ Boden: Tongehalt: > 25%
- „Mittlerer“ Boden: Tongehalt: 15 - 25 %
- „Leichter“ Boden: Tongehalt: < 15%

Böden mit einem hohen Tonanteil besitzen eine große Filterkapazität, was für das Bindevermögen von Schadstoffen wichtig ist, andererseits aber die Bearbeitbarkeit erschwert. Umgekehrtes gilt für Böden mit einem hohen Sandanteil, sodaß ein Lehmboden mit annähernd gleichen Anteilen aller drei Korngrößenfraktionen, oft den optimalen Mittelweg darstellt.

Die Bodenkunde unterscheidet grob folgende Bodenarten:

- Sandboden: Sandgehalt > 70%
- Schluffboden: Schluffgehalt > 75%
- Tonboden: Tongehalt > 50%

Böden mit derartig extremer Korngrößenverteilung kommen in der Natur aber selten vor, sodaß man in der Praxis meistens Mischformen antrifft.

Zum Beispiel: „Lehm“ (25-40 % Ton, 10-55 % Schluff und 5-65 % Sand), oder „Schluffiger Sand“ (0-5 % Ton, 30-55 % Schluff und 40-70 % Sand),etc.

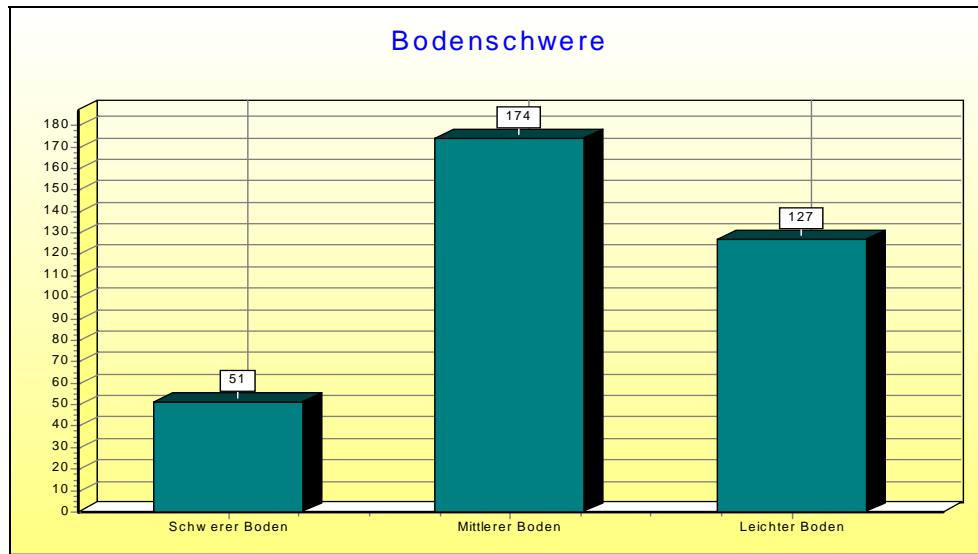
Die Bestimmung der Korngrößen erfolgt nach ÖNORM L1061.

Untersuchungsergebnisse: Standorte mit extremer Korngrößenverteilung:

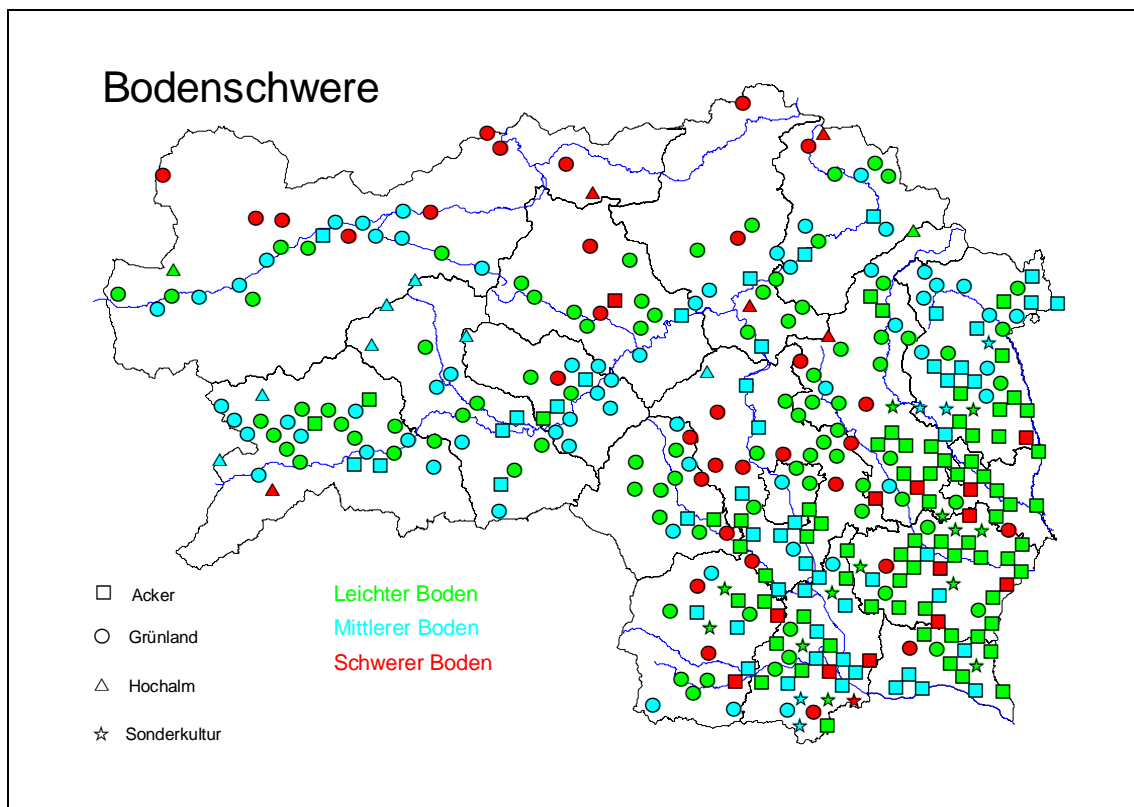
- Sandböden: HBC 5
- Schluffböden: LBC 8, RAA 4, RAB 6, GUA 8
- Tonböden: LIG 7

Hinsichtlich der **Bodenschwere** zeigt sich bei den 352 untersuchten Böden folgende Verteilung:

Anzahl Standorte	„schwer“	„mittel“	„leicht“
Grünland	32	89	63
Acker	13	70	52
Hochalm	5	2	7
Sonderkultur	1	13	5
Alle Standorte	51	174	127



Anzahl der Standorte in den Bodenschwere - Klassen



Humus:

Allgemeines:

Der Humusgehalt eines Bodens ist definiert als die Gesamtheit der abgestorbenen organischen Substanz im Boden.

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:

Hinsichtlich des **Humusgehaltes** zeigt sich folgende Verteilung:

Anzahl Standorte

Humus	„zu nieder“	„in Ordnung“	% Mediangehalt
Grünland	-	186	6,45
Acker	11	124	2,65
Hochalm	-	52	18,67
Sonderkultur	-	19	4,05
Alle Standorte	11	381	5,40

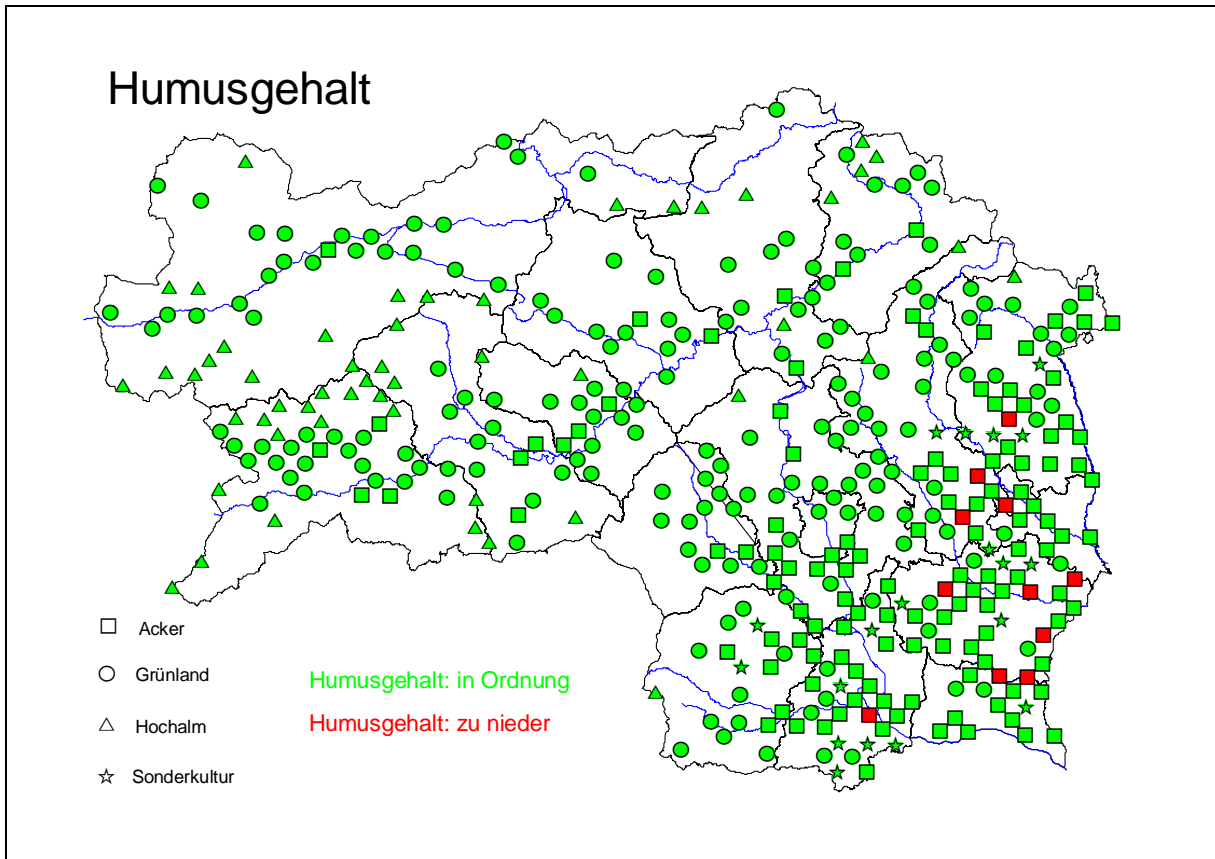
Man erkennt, daß der **Humusgehalt** im Acker im Durchschnitt nicht einmal halb so groß ist, wie im Grünland. Ursache ist die Vermengung des ursprünglichen Oberbodens mit humusarmem Unterboden bei der Ackerung. Die unterschiedlichen Probenahmetiefen lauten: Acker: 0-20 cm und Grünland: 0-5 cm.

Auf Hochalmen ist der Humusgehalt durchschnittlich fast drei mal so hoch, wie im Grünland.

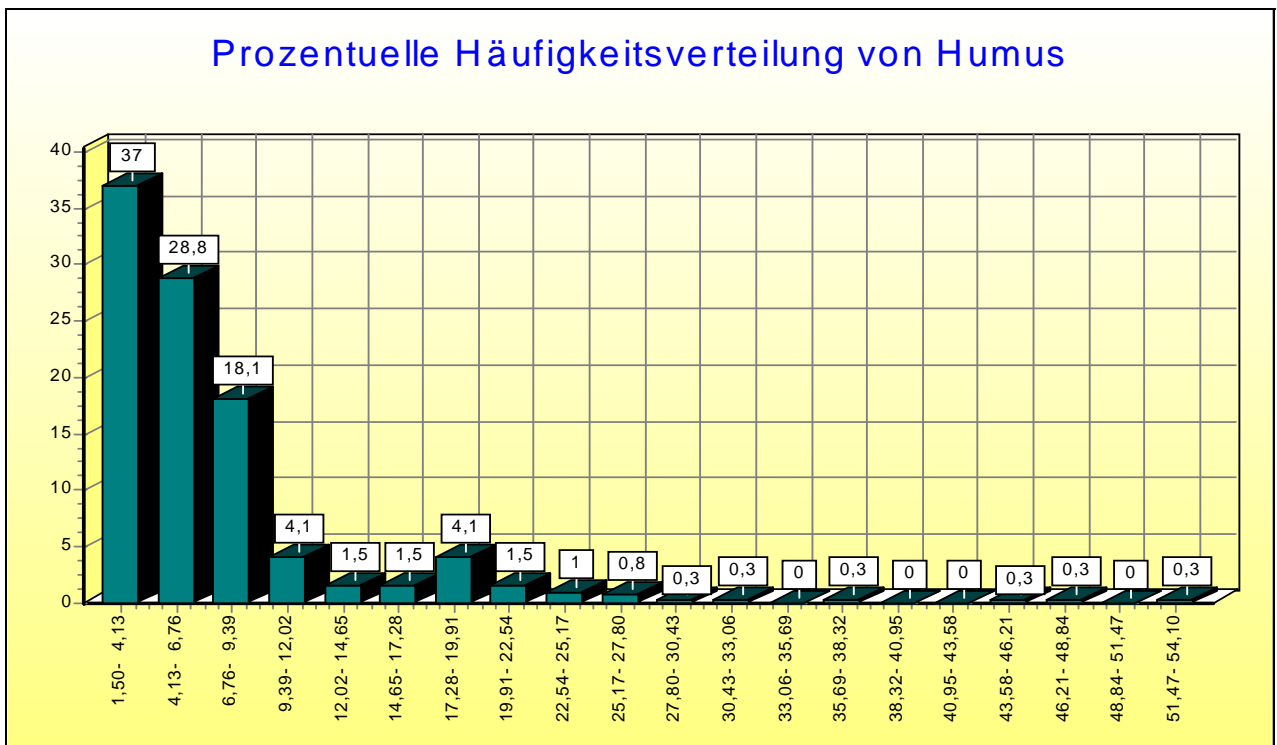
Der Mediangehalt der Sonderkulturen liegt zwischen Acker und Grünland.

An 11 der untersuchten 135 Ackerstandorte ist der **Humusgehalt zu niedrig**, sodaß hier Maßnahmen zum Humusaufbau notwendig sind. Es handelt sich um folgende Standorte:

HBA 5, WZA 4, WZB 2, WZC10, LBA 6, FBA 2+10, FBB 1 und FBC 3, 6+11.



Alle Ackerstandorte mit zu niedrigem Humusgehalt befinden sich im landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebiet der Süd- bzw. Südost-Steiermark.



pH-Wert:

Allgemeines:

Der pH-Wert des Bodens wird auch Acidität oder Säuregrad genannt und hat maßgeblichen Einfluß auf die Mobilisierbarkeit von Schwermetallen.
Ein zu niedriger pH-Wert kann durch eine Kalkung angehoben werden.

Anzustrebender Säuregrad in Abhängigkeit zur Bodenschwere:

Bodenschwere (Tongehalt)	Anzustrebender Säuregrad	
	Ackerland, Wein- und Obstgärten	Grünland
unter 15 %	um 5.5	um 5.0
15 - 25 %	um 6.5	um 5.5
über 25%	um 7.0	um 6.0

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

Untersuchungsergebnisse:

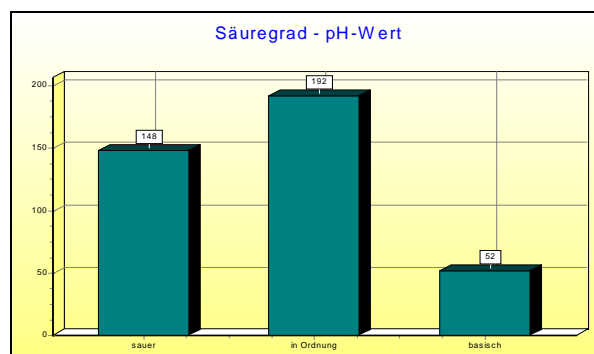
Hinsichtlich des **pH-Wertes** zeigt sich folgende Verteilung:

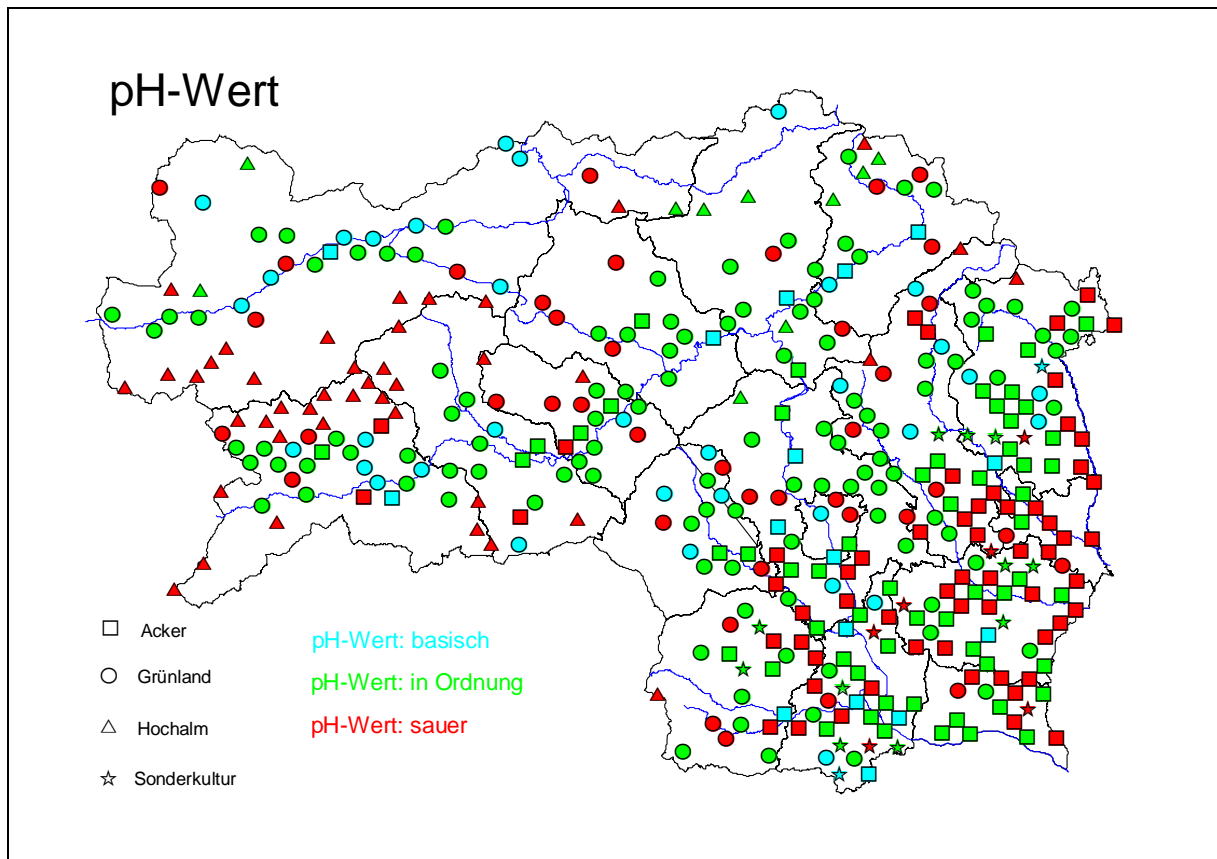
Anzahl Standorte

pH-Wert	„sauer“	„in Ordnung“	„basisch“	Mediangehalt
Grünland	40	112	34	5,30
Acker	60	59	16	5,70
Hochalm	42	10	-	3,88
Sonderkultur	6	11	2	6,05
Alle Standorte	148	192	52	5,35

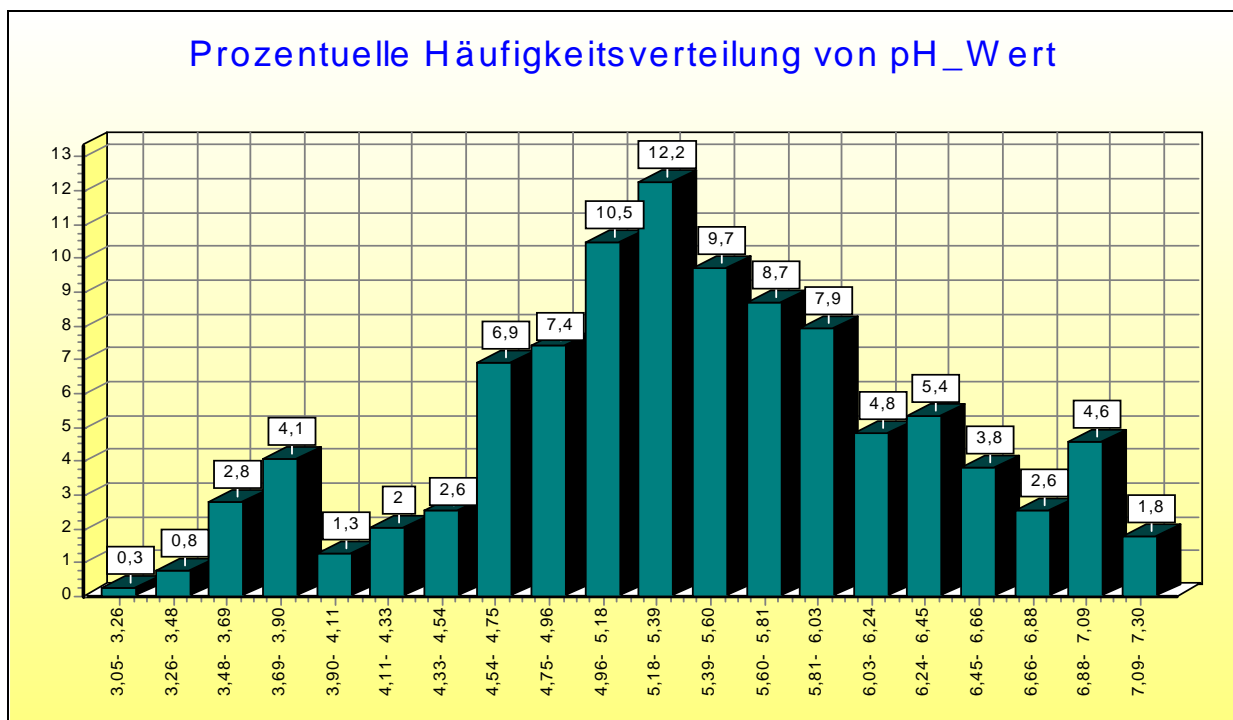
Man erkennt, daß Hochalmstandorte einen niedrigeren pH-Wert haben, als landwirtschaftlich genutzte Flächen, da hier der Pflanzenbestand weitestgehend am Standort verbleibt und so im Boden kumulieren kann.

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





Standorte mit saurem pH-Wert findet man vor allem im landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebiet der Süd- bzw. Südost-Steiermark und in den Bergregionen des kristallinen Bereiches.



Kalk (CaCO₃):

Allgemeines:

Der Kalkgehalt liegt in Böden üblicherweise bei 0 - 3 %, kann aber in Kalkgesteinsböden auch deutlich darüber liegen. Er steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Bodenacidität.

Bewertungsklassen des Kalkgehaltes:

Kalkgehalt in %	Kalkgehalt
0	kein
0 - 0.5	niedrig
0.6 - 1.5	mittel
1.6 - 5.0	hoch
über 5.0	sehr hoch

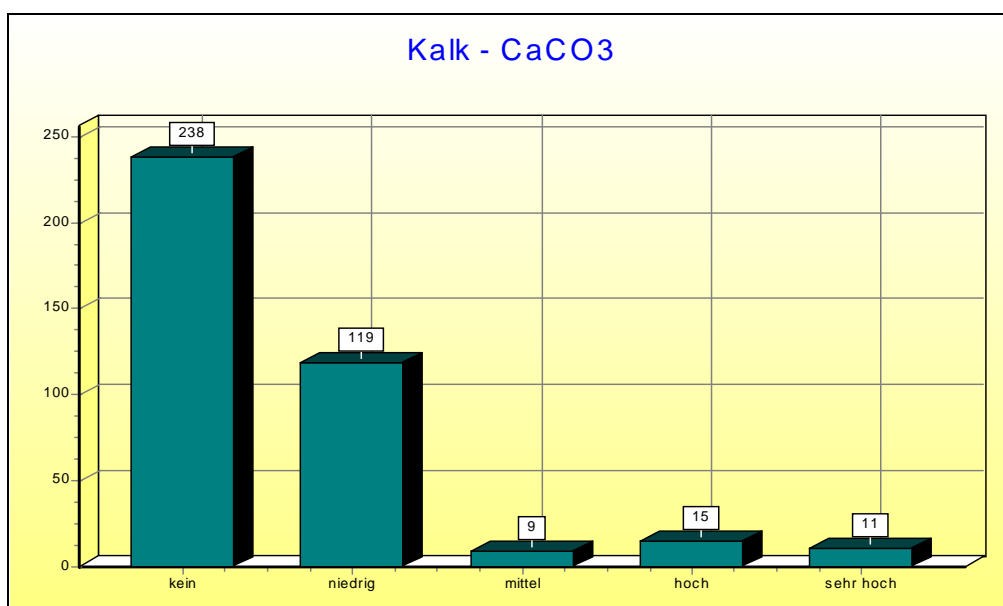
Die Bestimmung des Kalksgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1084 (Methode nach Scheibler).

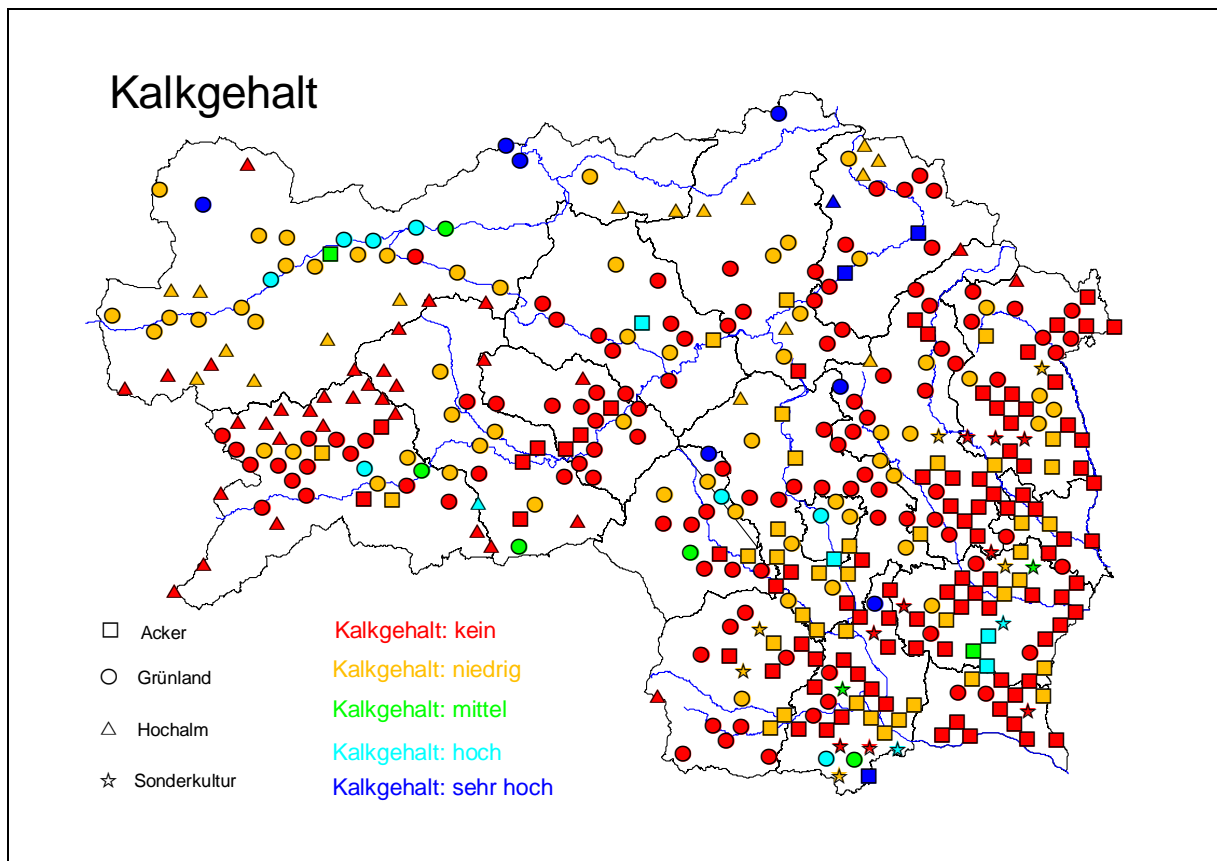
Untersuchungsergebnisse:

Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des Kalkgehaltes lauten:

Anzahl der Standorte

Kalkgehalt	„kein“	„niedrig“	„mittel“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	108	58	5	8	7
Acker	88	38	2	4	3
Hochalm	33	17	-	1	1
Sonderkultur	9	6	2	2	-
Alle Standorte	238	119	9	15	11





Generell gesehen ist in der Steiermark der Kalkgehalt naturgegeben niedrig. Standorte mit hohem Kalkgehalt liegen entweder im kalkalpinen Bereich, oder wurden, um den pH-Wert zu heben, gezielt durch Kalkungen beeinflusst.

Da 83 % der Untersuchungsstandorte im weitestgehend kalkfreien Bereich bis 0,2 % Kalkgehalt liegen, wird auf eine Darstellung der Häufigkeitsverteilung verzichtet.

Phosphor / Phosphat (P₂O₅):

Allgemeines:

Phosphor ist für Pflanzen ein wichtiger Nährstoff, dessen Gehaltsbestimmung im Boden über ein Extraktionsverfahren durchgeführt wird, welches den pflanzenverfügbaren Anteil des im Boden enthaltenen Phosphats annähernd ermitteln soll. Dieser Gehalt wird dann für die Bemessung von Düngegaben herangezogen.

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Vergleicht man die Medianwerte der Phosphatgehalte mit dem Standorttyp, so ergibt sich folgendes Bild:

Medianwert	Grünland	Acker	Hochalm	Sonderkultur
P₂O₅ (mg/100g)	4,25	10,00	4,50	19,50

Es fällt auf, daß der Phosphatgehalt in der Steiermark **von Natur aus sehr niedrig** ist und nur selten auf Grund von Düngegaben sehr hohe Gehalte erreicht.

Standorte mit sehr hohem Phosphorgehalt sind: ⇒ **Überdüngung**

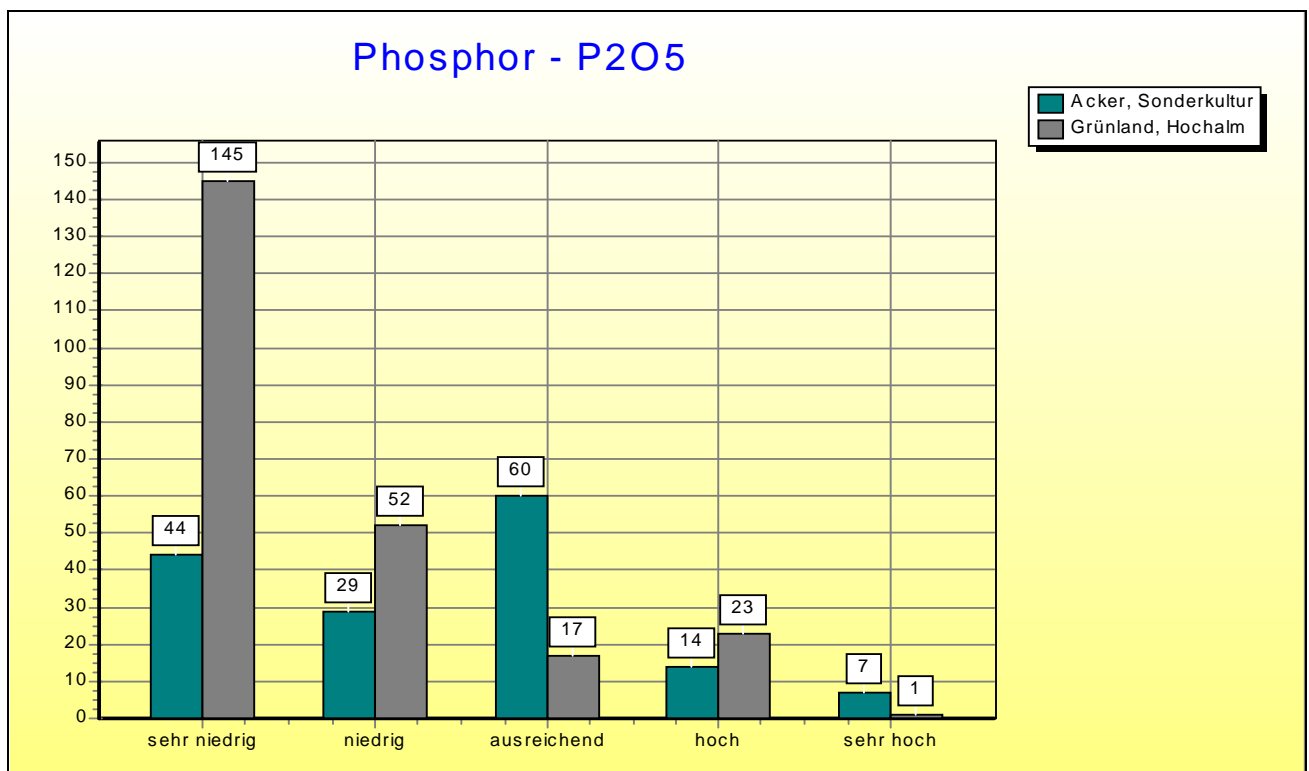
Grünland: HBD 2
 Acker: LEA 2, DLB 2+3, GZA 1
 Sonderkultur: WZB 4, FBB 4, LBC 9

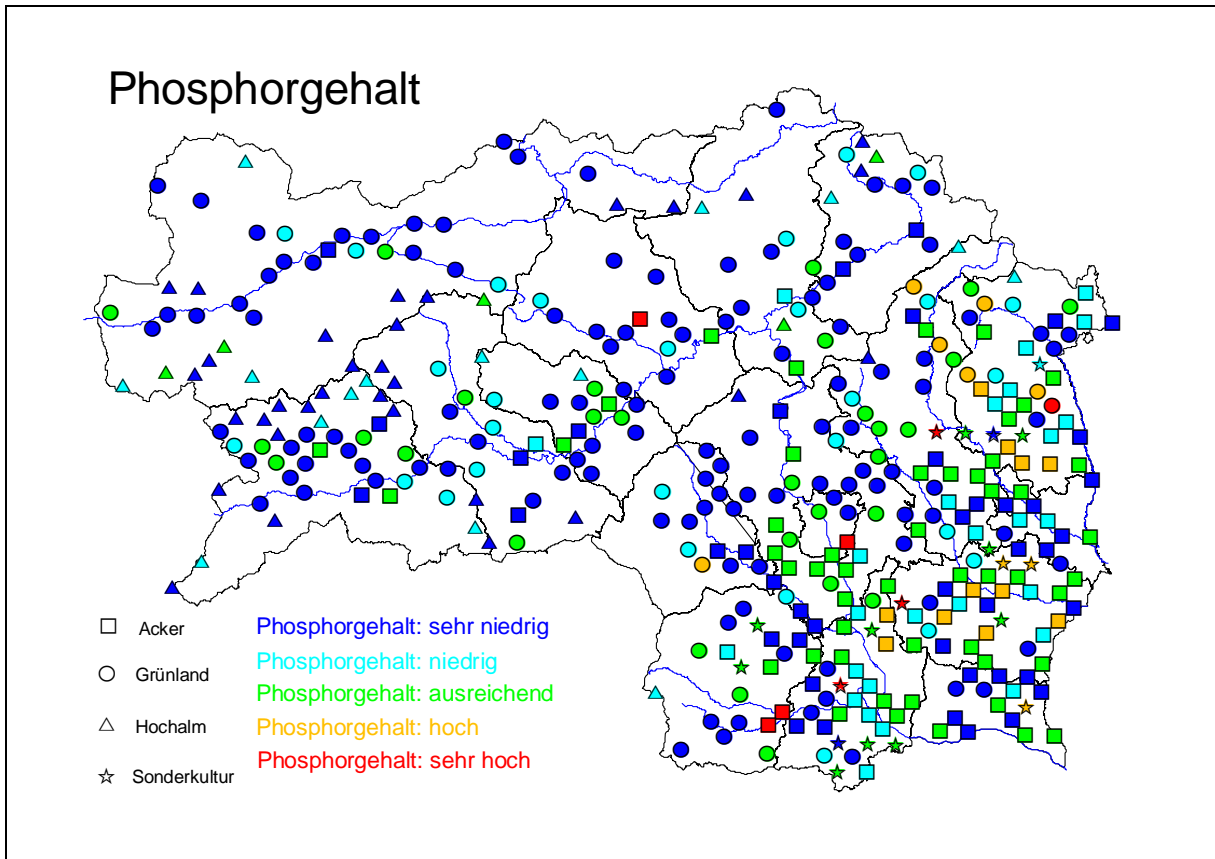
An diesen Standorten ist bis zur Normalisierung der Bodengehalte von weiteren Düngegaben abzusehen.

Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Phosphormangel ist entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung eine Düngung sinnvoll.

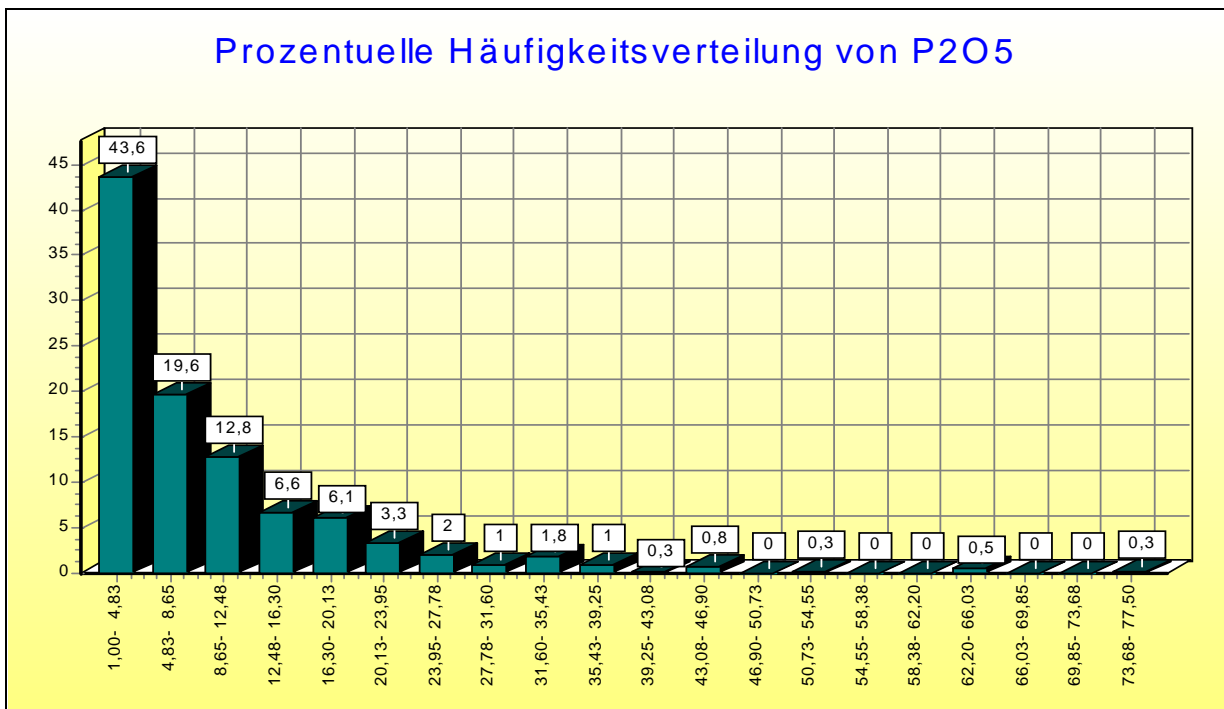
Achtung: Eine Phosphatdüngung kann im Boden vorhandenes Arsen freisetzen und ist deshalb an Arsen-belasteten Standorten nicht anzuraten !

Anzahl Standorte	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	113	37	13	22	1
Acker	42	28	50	11	4
Hochalm	32	15	4	1	-
Sonderkultur	2	1	10	3	3
Alle Standorte	189	81	77	37	8





Standorte mit hohem Phosphorgehalt findet man fallweise im landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebiet der Süd- bzw. Ost-Steiermark.





Ackerstandort im Bezirk Deutschlandsberg

Kalium (K₂O):

Allgemeines:

Die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Kaliums erfolgt im selben Analysengang, wie das pflanzenverfügbare Phosphat.

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

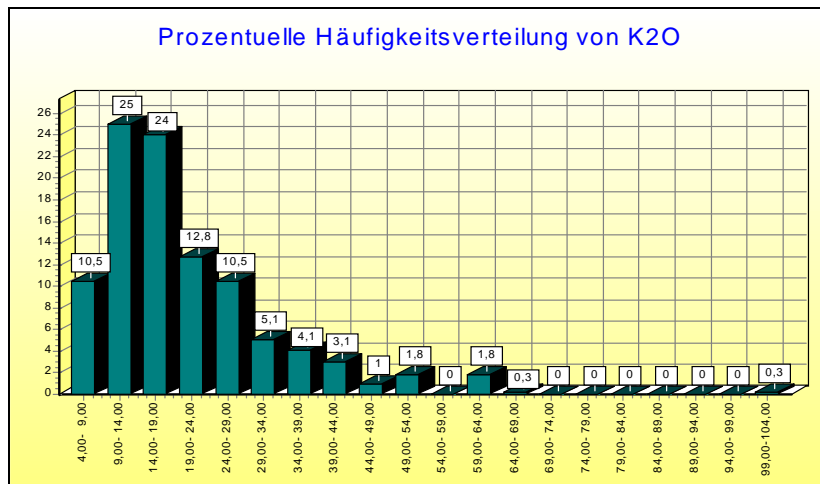
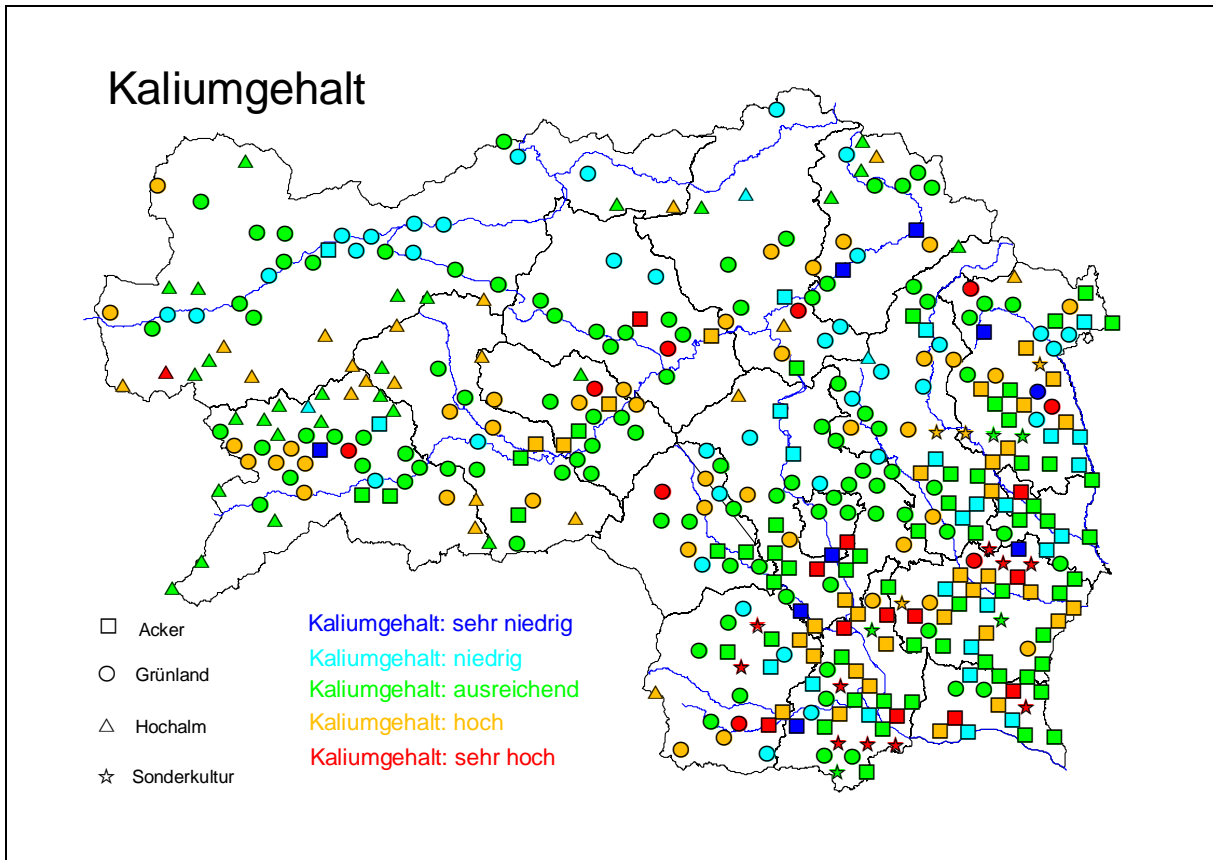
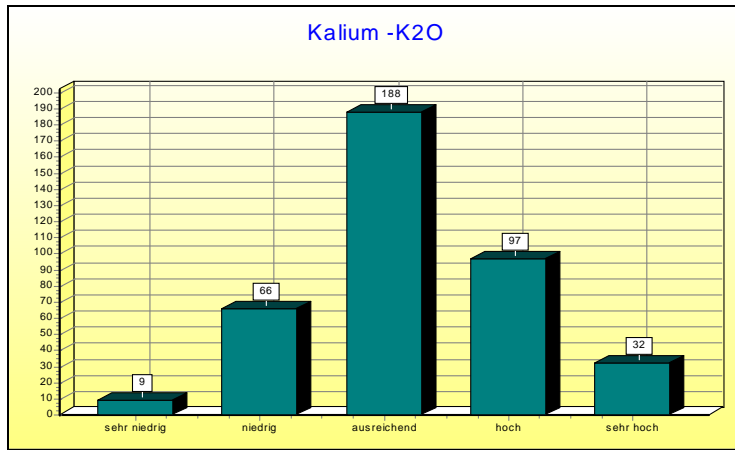
Vergleicht man die Medianwerte der Kaliumgehalte mit dem Standorttyp, so ergibt sich folgendes Bild:

Medianwert	Grünland	Acker	Hochalm	Sonderkultur
K ₂ O (mg/100g)	15,00	19,00	18,75	38,50

Die durchschnittlichen Kaliumgehalte der Sonderkulturen fallen durch einen zu hohen Wert auf. 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.

Anzahl der Standorte

Gehaltsstufe	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	1	38	98	40	9
Acker	8	25	57	33	12
Hochalm	-	3	28	20	1
Sonderkultur	-	-	5	4	10
Alle Standorte	9	66	188	97	32



Magnesium (Mg):

Allgemeines:

Die verwendete Methode zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Magnesiums versucht, dessen Anteil am gesamten Magnesiumgehalt des Bodens durch ein geeignetes Extraktionsverfahren annähernd zu erfassen.

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Vergleicht man die Medianwerte der Magnesiumgehalte mit dem Standorttyp, so ergibt sich folgendes Bild:

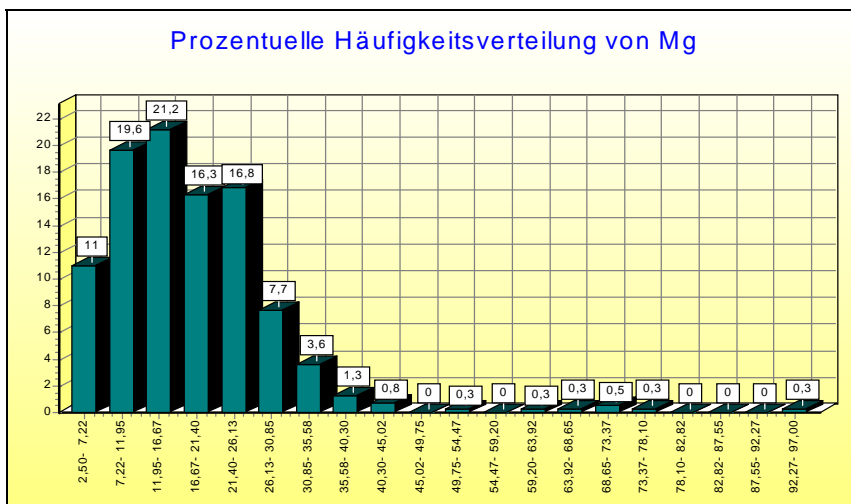
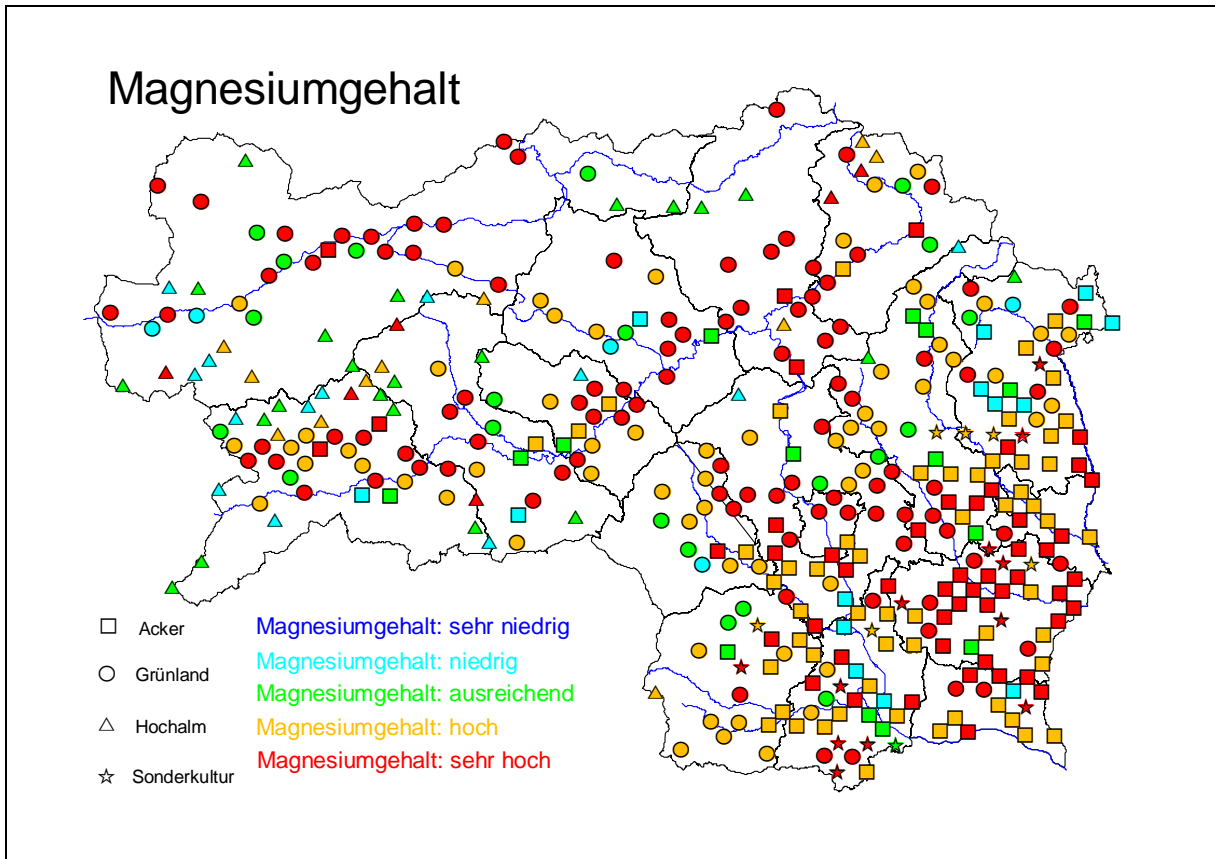
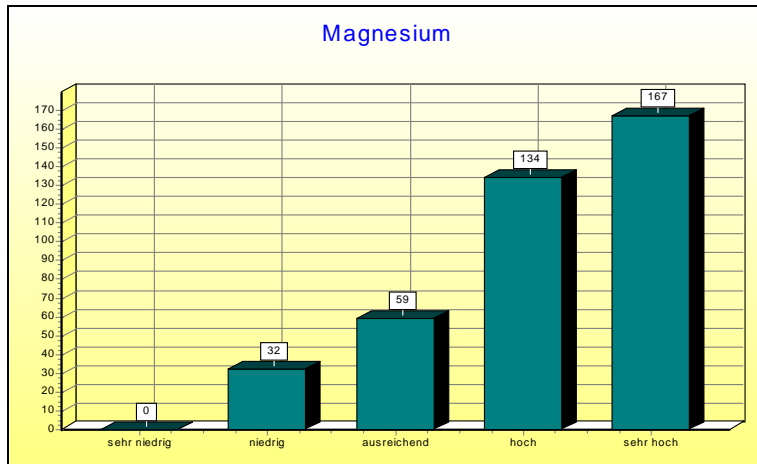
Medianwert	Grünland	Acker	Hochalm	Sonderkultur
Magnesium(mg/100g)	18,75	16,00	8,50	21,00

In der Steiermark überwiegen hohe bzw. sehr hohe Gehalte. Ob die Werte rein geologisch bedingt sind, oder auch aus Düngegaben (magnesiumhaltige Düngekalke, Patentkali) resultieren, ist meist 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.

Anzahl der Standorte

Gehaltsstufe	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	-	5	21	61	99
Acker	-	14	15	56	50
Hochalm	-	13	22	11	6
Sonderkultur	-	-	1	6	12
Alle Standorte	-	32	59	134	167



Bor (B):

Allgemeines:

Die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Nährstoffes Bor gewinnt besondere Bedeutung bei Sonderkulturen, Rüben und Kartoffeln, da sich hier Mangelercheinungen besonders negativ bemerkbar machen.

Gehaltsstufen des Spurenelementes Bor (in mg/kg):

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

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

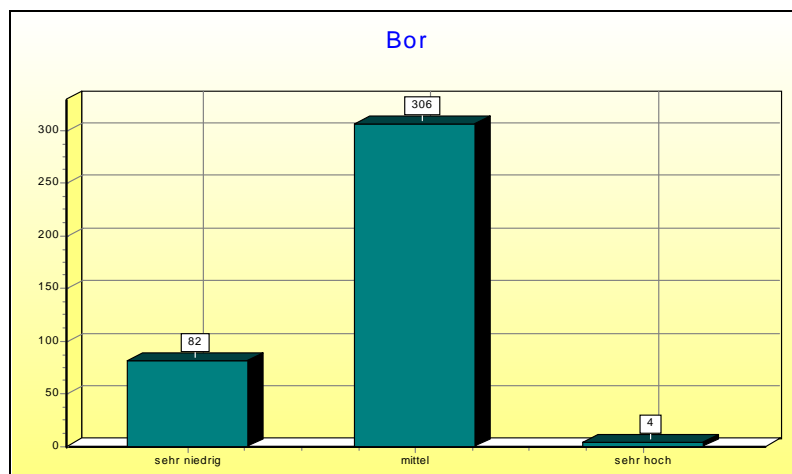
Untersuchungsergebnisse:

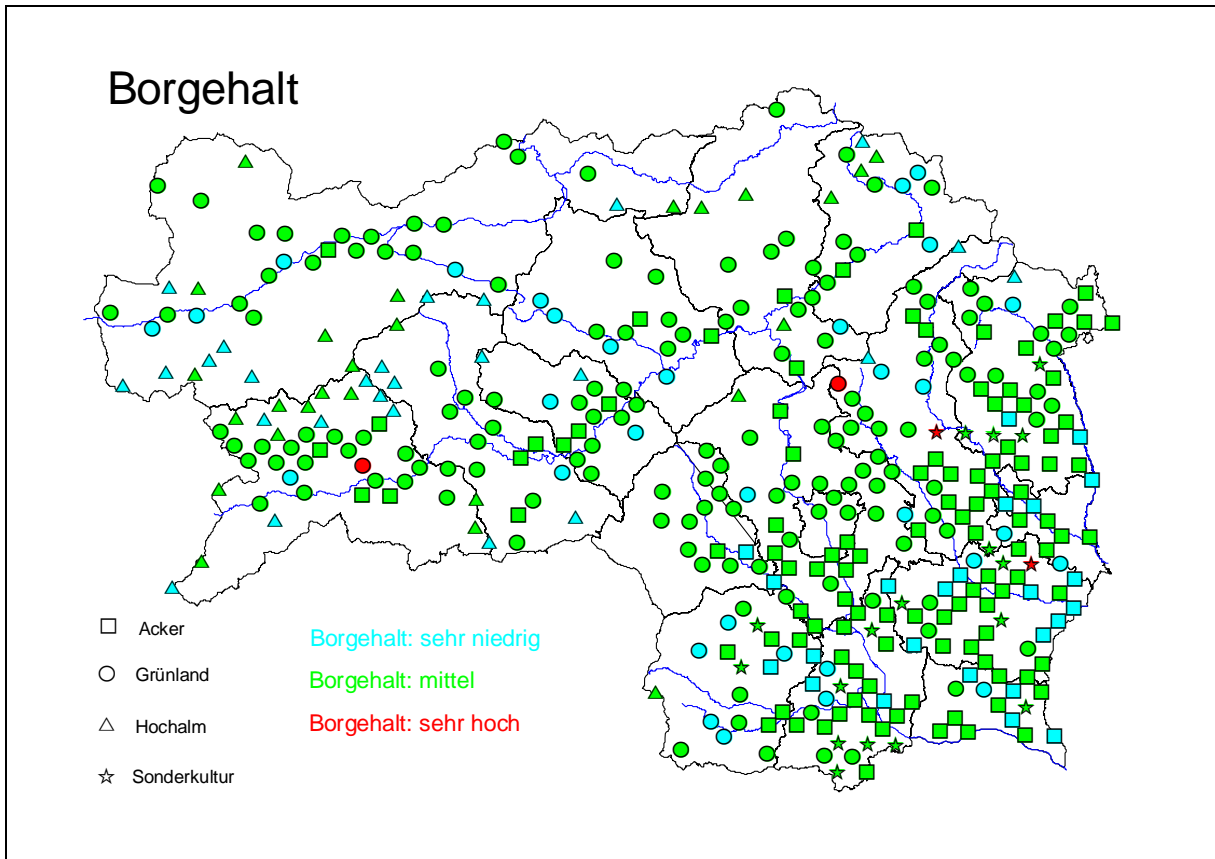
Hinsichtlich des **Borgehaltes** zeigt sich folgende Verteilung:

Anzahl Standorte

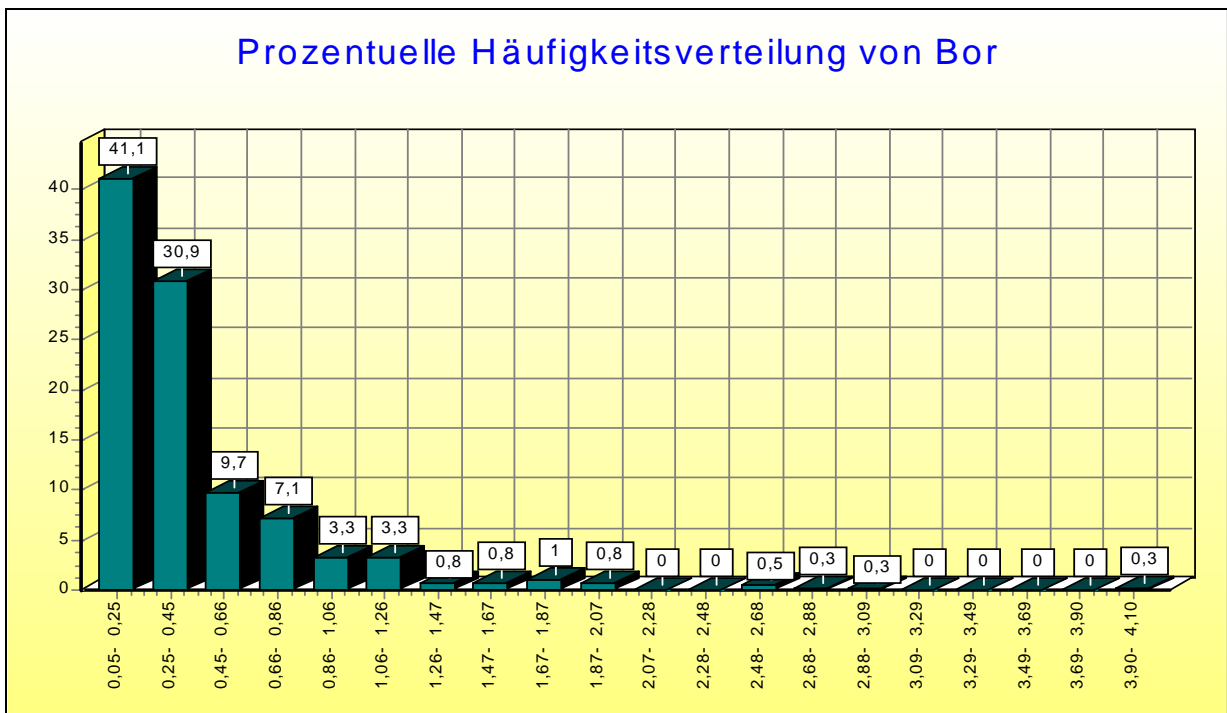
Borgehalt	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“	Mediangehalt
Grünland	32	152	2	0,35
Acker	24	111	-	0,30
Hochalm	26	26	-	0,15
Sonderkultur	-	17	2	0,70
Alle Standorte	82	306	4	0,30

Die sehr hohen Borgehalte der beiden Obst - Sonderkulturen WZB 4 und FBB 8 sind unter Umständen auf zu hohe Düngegaben zurückzuführen, an den Grünlandstandorten WZC 4 und MUA 8 ist eine geogene Herkunft der hohen Borgehalte wahrscheinlicher.





Der Borgehalt der steirischen Böden liegt überwiegend im mittleren und sehr niedrigen Bereich.



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

Allgemeines:

Die Gehaltsbestimmung aus einem EDTA-Extrakt wird dazu verwendet, um die Versorgung des Bodens mit diesen Spurenelementen zu ermitteln. Sie erfasst die für Pflanzen leicht verfügbare Schwermetallfraktion der komplexgebundenen und an der Oberfläche der Bodenpartikel angelagerten Bindungsformen der Elemente.

So können aus dem EDTA-Extrakt Unterversorgungen mit den untersuchten Spurenelementen festgestellt werden und für Kupfer oder Zink auch Intoxikationen durch zu hohe Gehalte abgeleitet werden. Im mittleren Konzentrationsbereich gibt es nur wenig befriedigende Differenzierungsmöglichkeiten.

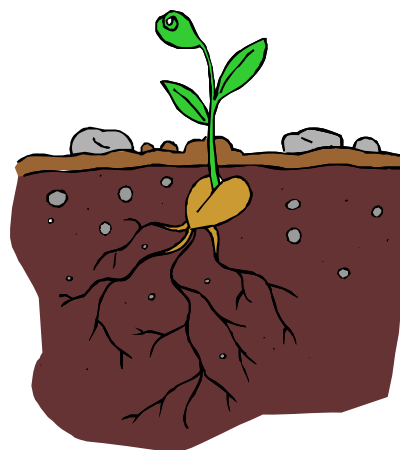
Gehaltsstufen der Spurenelemente Cu, Zn, Mn und Fe (in mg/kg) im EDTA-Extrakt:

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Die Verteilung der Spurenelemente in ihren Bewertungsklassen zeigt, daß sehr **niedrige Gehalte** selten sind. Nur die Versorgung der Hochalmen mit **Mangan** ist auffällig gering. Der Mediangehalt der Hochalmen erreicht nicht einmal ein Zehntel des Durchschnittswertes aller Standorte. Es wäre zu untersuchen inwieweit ein Manganmangel für Pflanzenschäden in dieser ökologisch sensiblen Region verantwortlich sein kann. In den anderen Nutzungsformen ist der Mn-Gehalt eher im sehr hohen Bewertungsbereich angesiedelt.



Auffällig **hohe Gehalte** findet man beim **Kupfer** in den Sonderkulturen, wobei vor allem die beiden Standorte WZA 1 (71 mg/kg Cu) und FBB 8 (162 mg/kg Cu) herausstechen. Ursache ist die jahrzehntelange Verwendung von Cu-hältigen Spritzmitteln im Pflanzenschutz.

Einen erhöhten Durchschnittsgehalt findet man auch an den Hochalmstandorten für das Element **Zink**, wobei vor allem die beiden Standorte MZA 7 (180,2 mg/kg Zn) und BMB 5 (175,3 mg/kg Zn) herausstechen. Hier dürfte neben einer erhöhten geogenen Grundbelastung die Fernverfrachtung von Stäuben anthropogener Herkunft als Verursacher eine große Rolle spielen.

Das Spurenelement **Eisen** neigt noch mehr zu sehr hohen Gehalten, als dies beim Mangan der Fall ist. Vor allem sind es hier aber die Hochalmen, welche etwa einen dreimal so hohen Durchschnittsgehalt als der Median aller Standorte aufweisen. Inwieweit hierfür geogene bzw. anthropogene Ursachen verantwortlich sind, ist nicht bekannt.

Verteilung der **EDTA-extrahierbaren Spurenelemente Cu, Zn, Mn und Fe:**

Anzahl Standorte

EDTA-Cu	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“	Mediangehalt
Grünland	6	178	2	5,22
Acker	2	130	3	5,10
Hochalm	8	43	1	2,70
Sonderkultur	-	10	9	18,40
Alle Standorte	16	361	15	5,00

Anzahl Standorte

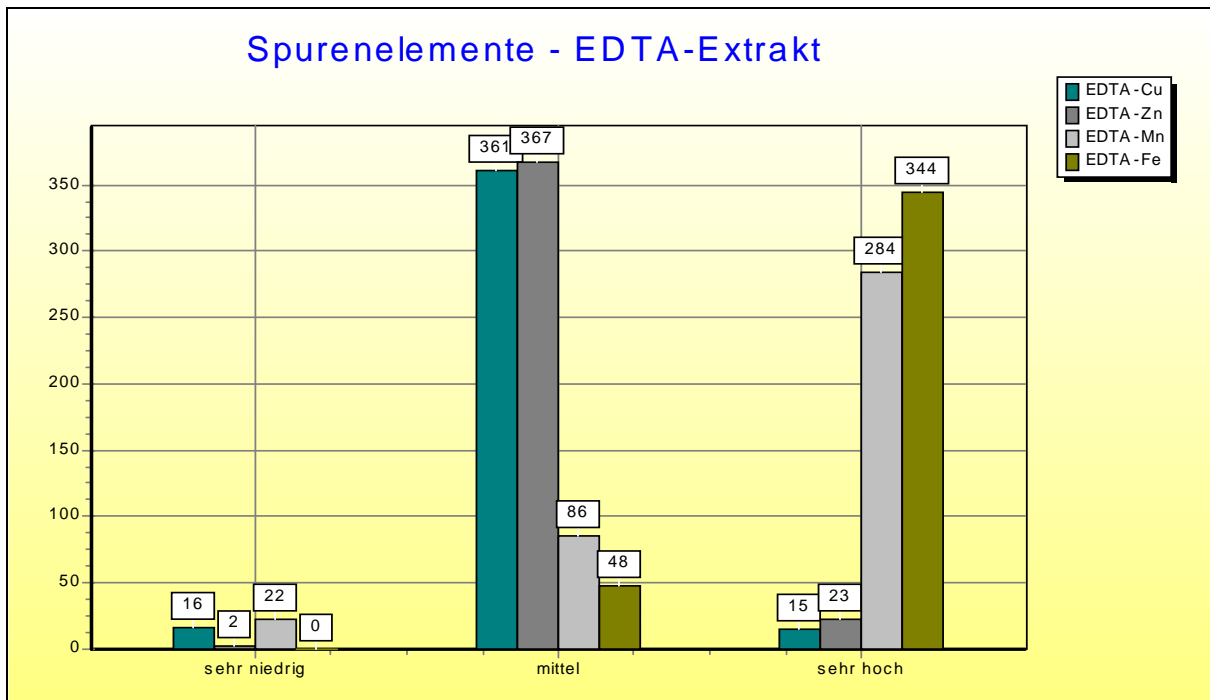
EDTA-Zn	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“	Mediangehalt
Grünland	-	180	6	6,80
Acker	2	133	-	4,85
Hochalm	-	38	14	12,18
Sonderkultur	-	16	3	9,80
Alle Standorte	2	367	23	6,57

Anzahl Standorte

EDTA-Mn	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“	Mediangehalt
Grünland	-	31	155	318,25
Acker	-	31	104	300,50
Hochalm	22	20	10	24,50
Sonderkultur	-	4	15	288,00
Alle Standorte	22	86	284	282,75

Anzahl Standorte

EDTA-Fe	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“	Mediangehalt
Grünland	-	6	180	541,25
Acker	-	38	97	369,50
Hochalm	-	-	52	1525,00
Sonderkultur	-	4	15	436,00
Alle Standorte	-	48	344	516,00



Abschätzung der Mobilisierbarkeit von Kupfer und Zink:

Aus der Tatsache, daß anthropogen eingebrachte Schwermetalle meist besser löslich bzw. pflanzenverfügbar sind als solche geogener Herkunft, bietet sich die Möglichkeit, aus dem prozentuellen Verhältnis des EDTA-löslichen Anteils zum Gehalt im Königswasserextrakt, auf die Herkunft einer Kupfer- bzw. Zinkbelastung rückzuschließen.

Prozentueller Anteil EDTA-Extrakt zu Königswasserextrakt (100% gesetzt):

Medianwerte	% Cu	% Zn	% Cu / % Zn
Grünland	36,17	13,32	2,92
Acker	31,10	4,91	6,24
Hochalm	15,75	18,34	1,11
Sonderkultur	44,05	19,40	2,22
Alle Standorte	21,40	6,93	2,92

Wie aus der Tabelle ersichtlich, läßt sich ungefähr sagen, daß durchschnittlich etwa 21 % des Gehaltes an Kupfer bzw. 7 % des Gehaltes an Zink EDTA-extrahierbar ist und Kupfer daher etwa dreimal so gut gelöst wird, als Zink.

In Sonderkulturen ist der prozentuelle Anteil an pflanzenverfügbarem Kupfer und Zink gegenüber den anderen Nutzungsformen erhöht. Beide Schwermetalle sind Bestandteil von gängigen Spritzmitteln.

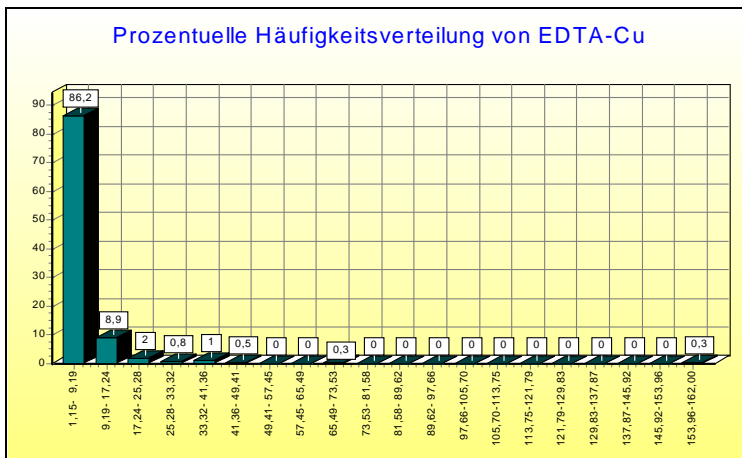
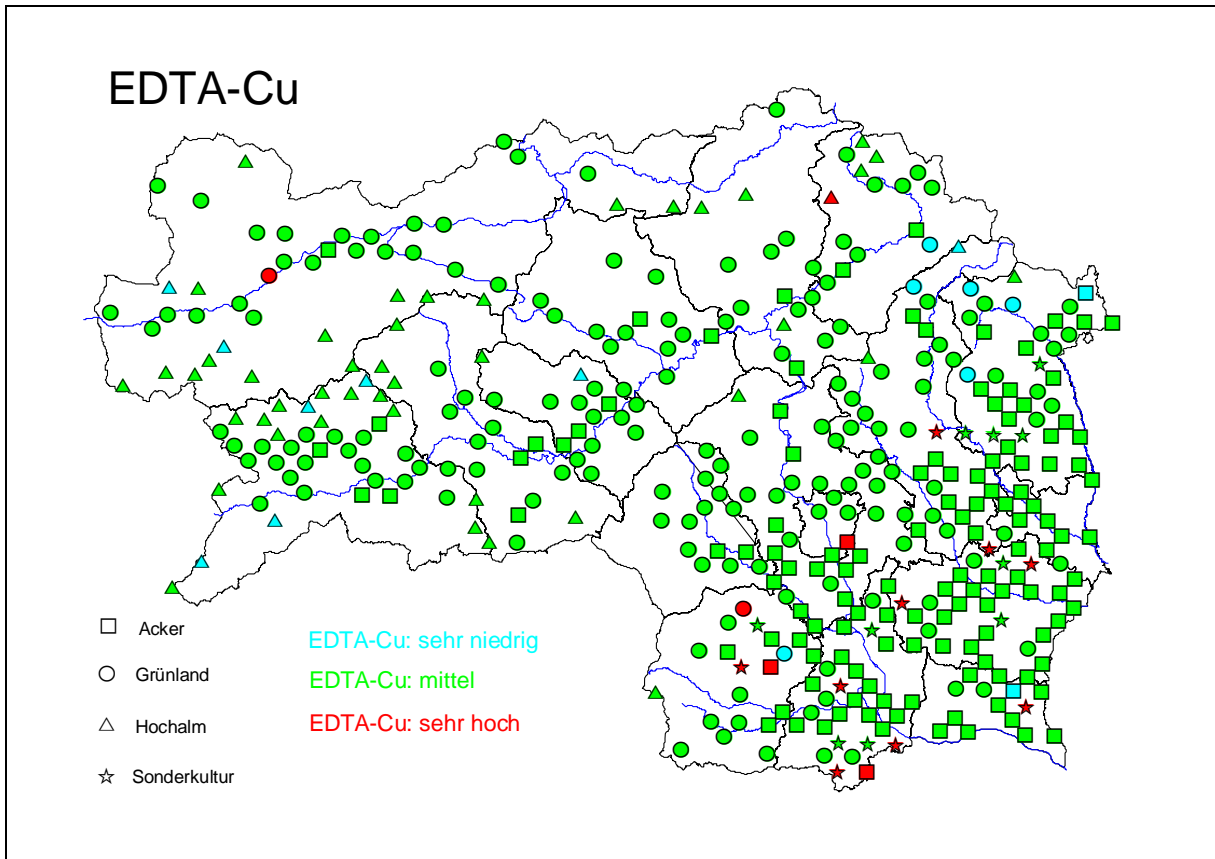
An den Hochalmstandorten ist die erhöhte Zinkverfügbarkeit im Zusammenhang mit anthropogenen Staubeinträgen erklärbar.



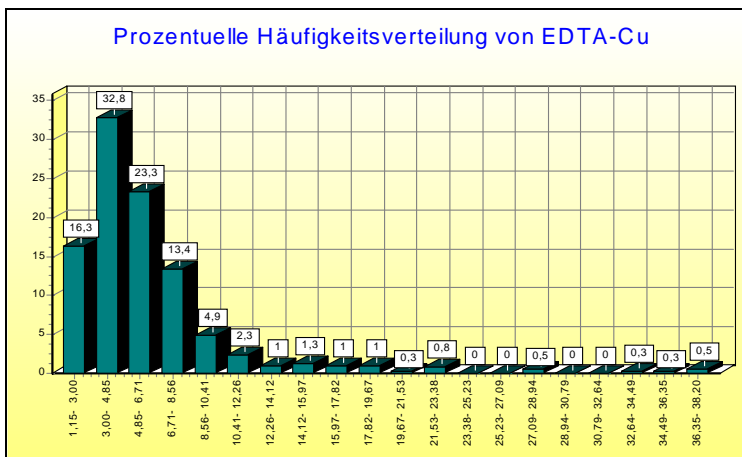
Sonderkultur (Wein) im Bezirk Feldbach.

Eine Abschätzung der **Pflanzenverfügbarkeit** der Schwermetalle über den EDTA-Extrakt zeigte in Korrelation zu den gemessenen Pflanzengehalten keine verwertbaren Beziehungen. Hier ist eine parallel zu den Bodenuntersuchungen durchgeführte Pflanzenanalyse an allen Standorten die Methode der Wahl.

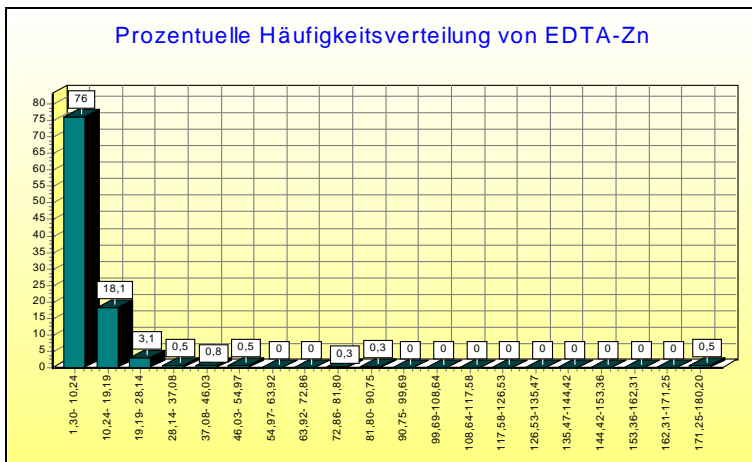
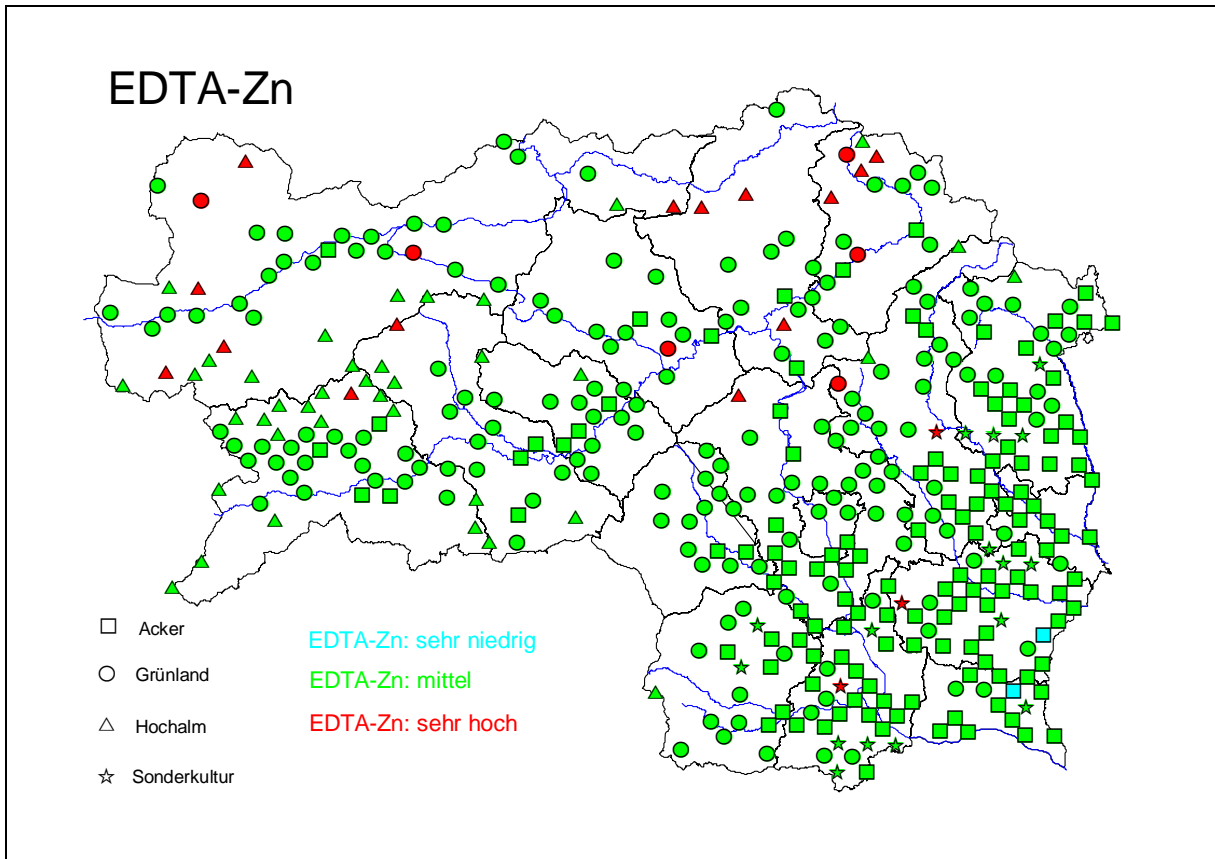
Die folgenden Abbildungen zeigen die geografische Verteilung der Spurenelemente Cu, Zn, Mn und Fe entsprechend ihrer Bewertungsklassen und die Häufigkeitsverteilungen der Analysendaten im Oberboden.



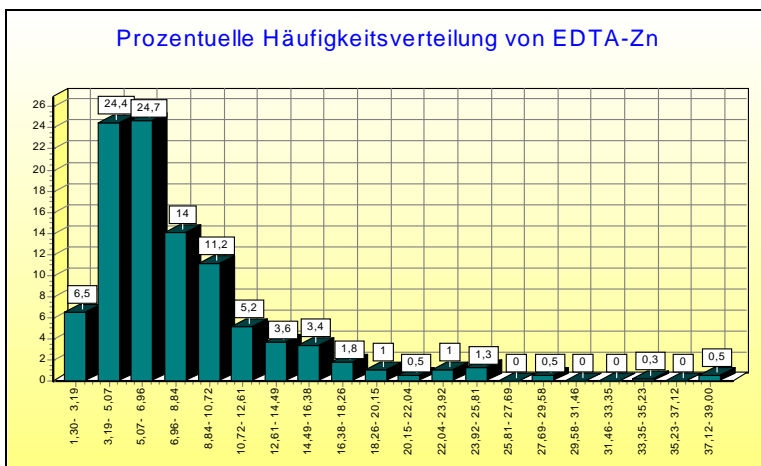
Alle Standorte.



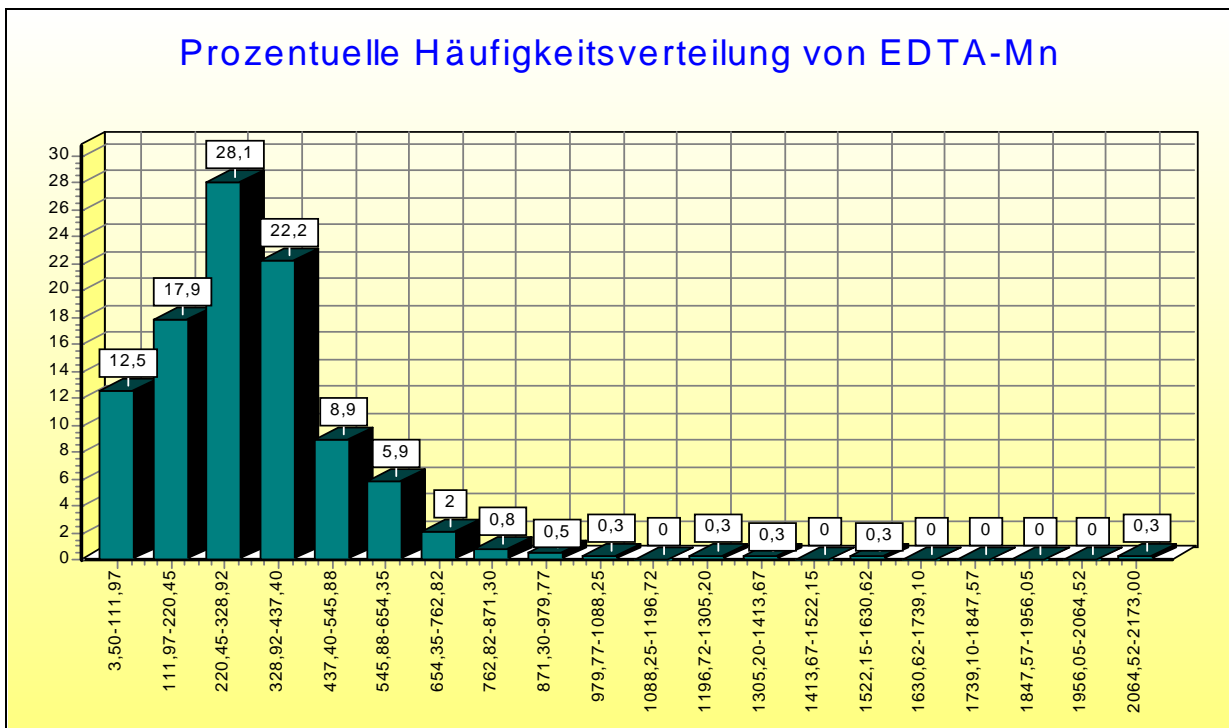
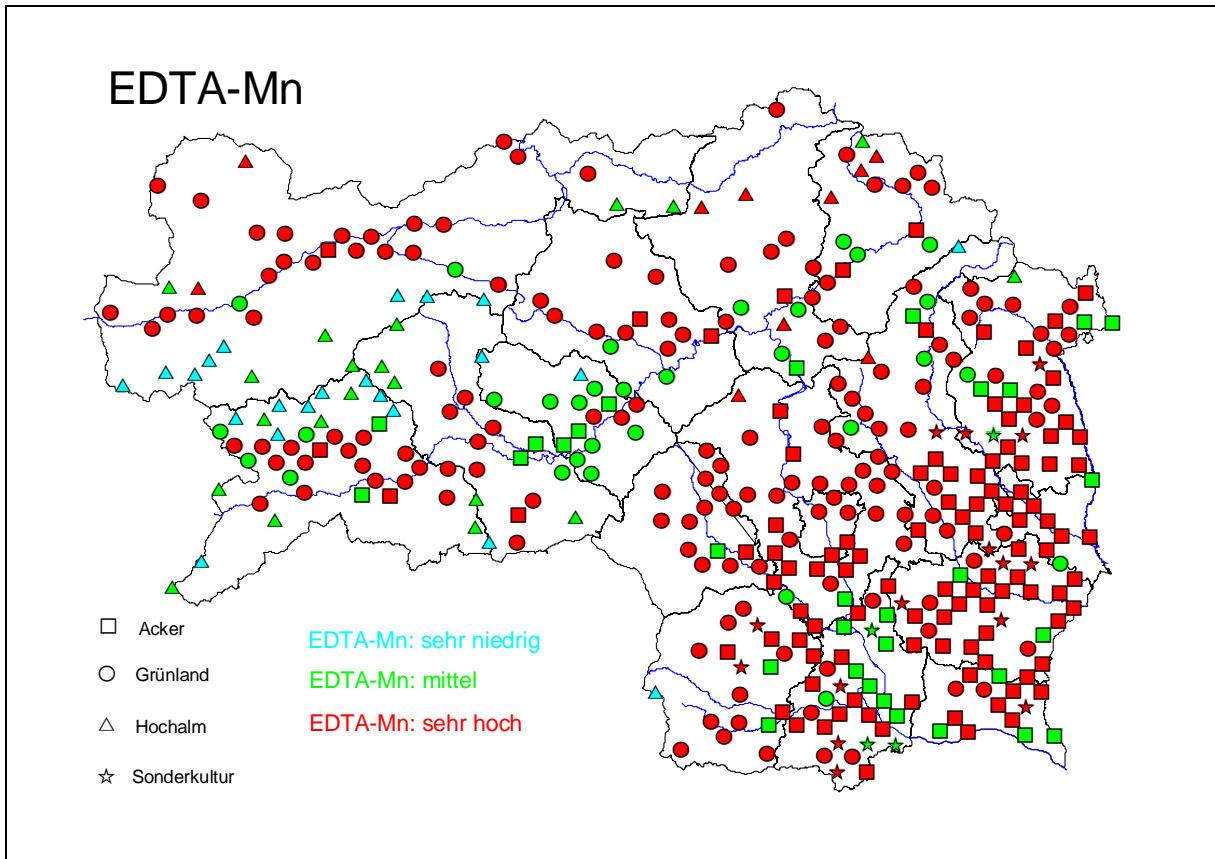
Bereich bis 40 ppm EDTA-Cu.

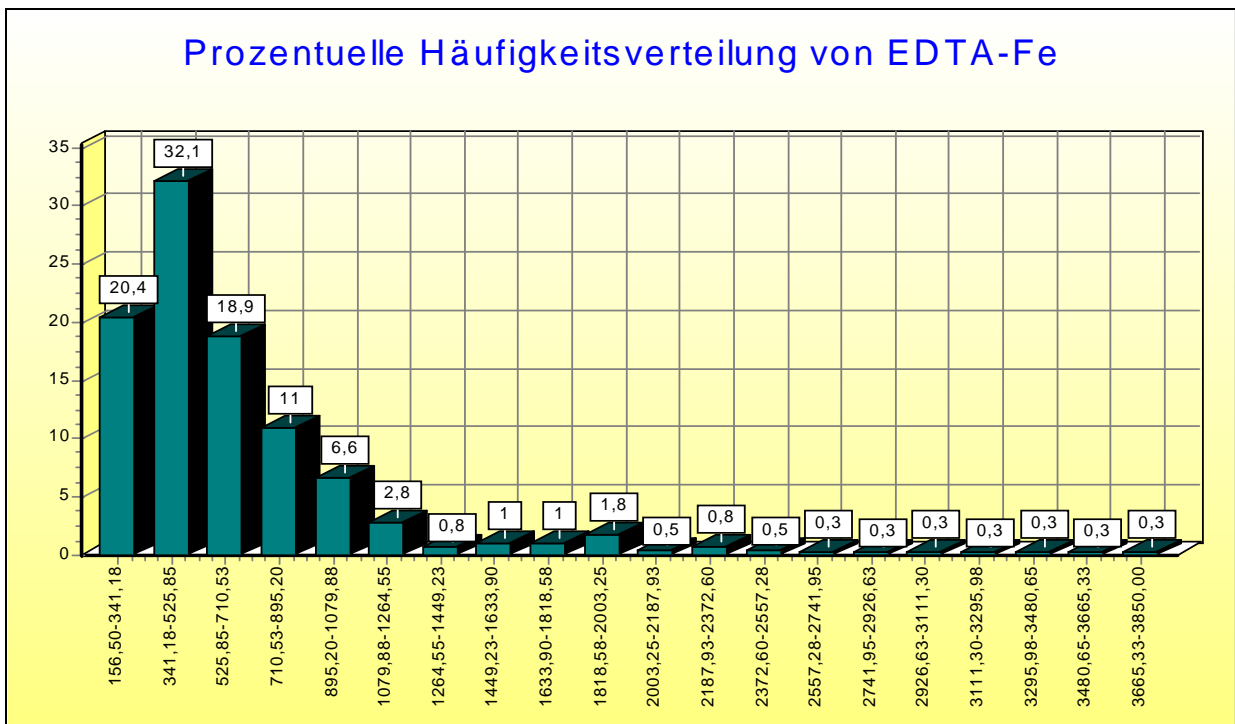
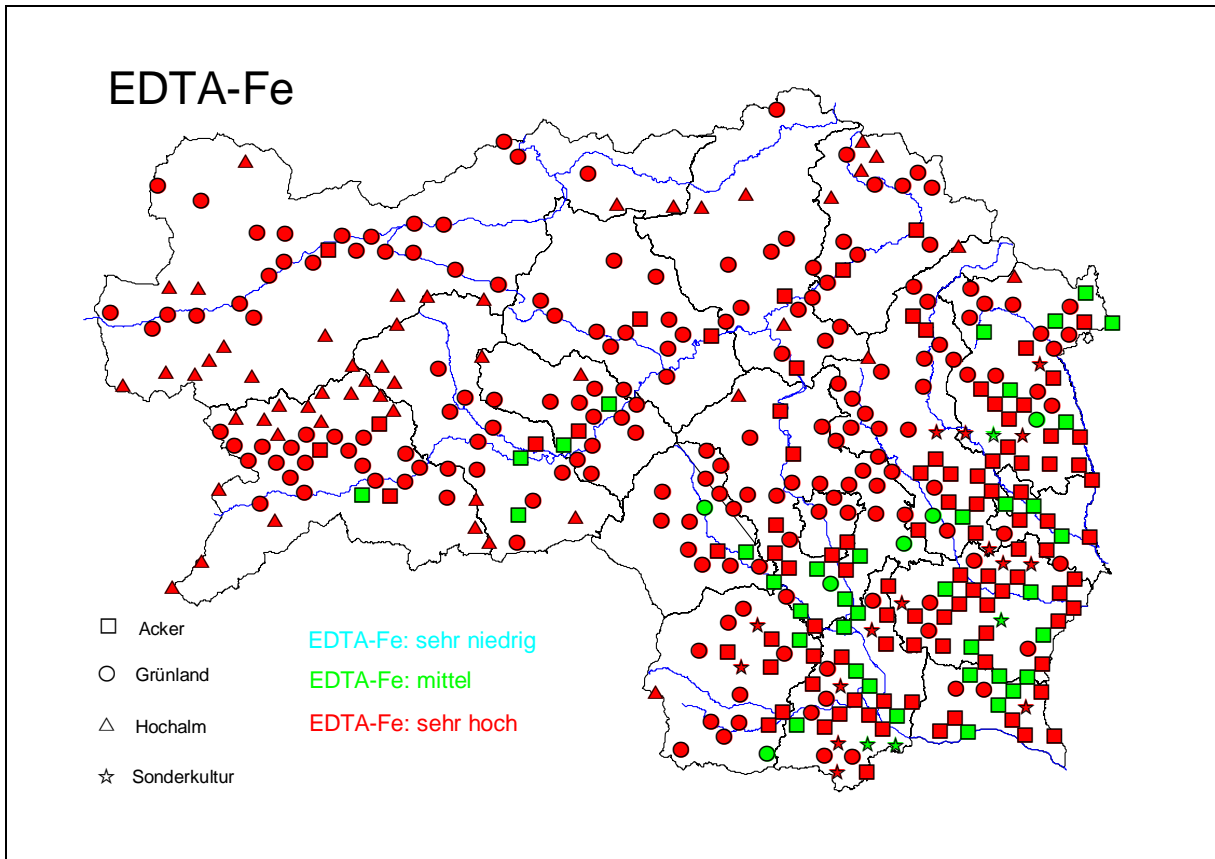


Alle Standorte.



Bereich bis 40 ppm EDTA-Zn.





Die austauschbaren Kationen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium:

Allgemeines:

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

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

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

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

Bei niedrigen pH-Werten (etwa $< 6,5$) steigt definitionsgemäß der Anteil an H^+ -Ionen und auch jener von Al^{+++} , Fe^{++} und Mn^{++} . Der Anteil an Fe^{++} - und Mn^{++} -Ionen ist nur bei extrem sauren Böden nennenswert und bleibt daher analytisch meist unberücksichtigt.

Die Ermittlung der KAK kann daher aus der Einzelbestimmung der Ionen Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ und Al^{+++} unter Berücksichtigung des pH-Wertes (Anteil H^+) erfolgen, oder durch eine Summenbestimmung über den sogenannten Barium-Rücktausch.

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

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

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

Kalziumwerte unter 50 % sind häufig die Ursache für eine schlechte Bodenstruktur. Steigt der Natriumwert auf über 5 %, kann es zu einem „Zerfließen“ des Bodens kommen. Magnesiumwerte von weniger als 10 % sind in Verbindung mit hohen Kaliumwerten 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 Gesetzesvorlage nur die Bestimmung der austauschbaren Kationen Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ und Na^+ erfolgte, 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

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

Der Hinweis auf eine mögliche schlechte Bodenstruktur auf Grund eines Kalziumwertes unter 50 % ist mit Skepsis zu betrachten, da die rein rechnerische Abschätzung des austauschbaren Kalziumanteils alle Standorte mit einem pH-Wert < 5 betreffen würde. Dies wären etwa 30 % der untersuchten Standorte, was natürlich nicht den wirklichen Verhältnissen entspricht. Die korrekte Beurteilung der Bodenstruktur erfolgte daher über die bodenkundliche Profilbeschreibung.

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

Beim Zusammenspiel der **Magnesium- und Kaliumwerte** ergibt sich bei 16 Standorten (davon 10 Äcker) ein Hinweis auf einen möglichen Magnesiummangel (Magnesiumwerte unter 10 % und gleichzeitig Kaliumwerte über 5 %). Eine Düngung sollte jedoch nur in berechtigten Ausnahmefällen und unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse des „pflanzenverfügbaren“ Magnesium- und Kaliumgehaltes durchgeführt werden.

So zum Beispiel am Ackerstandort RAB 6, wo auch der pH-Wert im sauren Bereich liegt und so die Verwendung eines magnesiumhaltigen Düngekalkes sinnvoll ist.

An den Untersuchungsstellen mit **Obstanbau** weisen folgende Standorte einen Ca-Gehalt unter 300 mg/100g auf: HBB 7, HBC 4+5 und LBC 5.

Hier könnte bei Problemen mit der Lagerfähigkeit des Obstes eine Ca - Spritzung in Erwägung gezogen werden.

Um auch eine **Klassifizierung der Absolutgehalte** 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

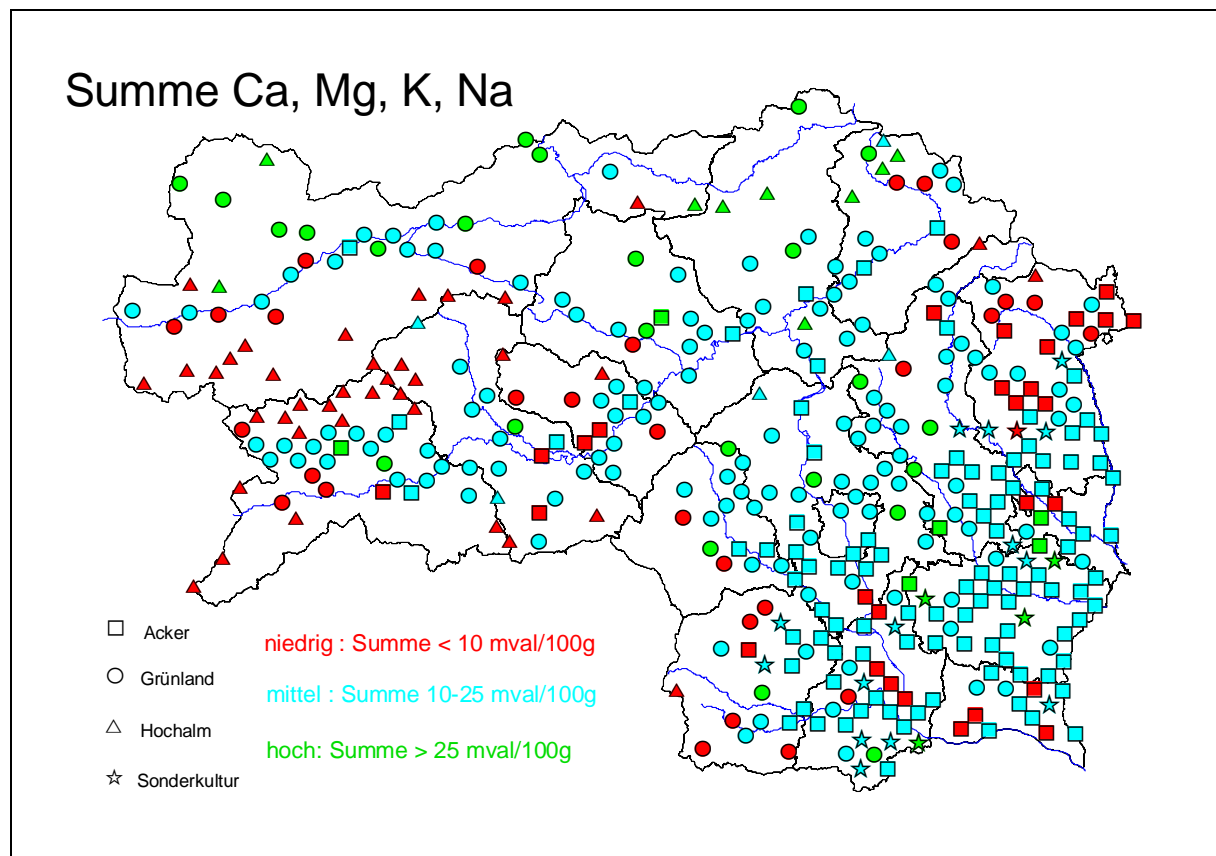
Die Verteilung der **Summe aus Ca, Mg, K und Na** in den drei Gehaltsklassen:

Anzahl der Standorte

Gehaltsklasse	< 10 mval/100 g	10 - 25 mval/100 g	> 25 mval/100 g
Grünland	29	133	24
Acker	28	101	6
Hochalm	38	5	9
Sonderkultur	1	14	4
Alle Standorte	96	253	43

An der für die Nährstoffversorgung ungünstigsten Bewertungsklasse einer Kationensumme unter 10 mval/100 g haben die Hochalmstandorte den größten Anteil. Etwa drei Viertel der Standorte in Almregionen weisen einen derartig geringen Gehalt an den austauschbaren Kationen Ca, Mg, K und Na auf.

Wie aus der Verteilung der Standorte in der Kartendarstellung ersichtlich, handelt es sich dabei vorwiegend um Untersuchungsstellen in den Bergregionen des kristallinen Bereiches. Hier ist naturgemäß auch der pH-Wert sehr niedrig.





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 30 - 60 mg/kg in der Trockensubstanz von Weidegräsern bereits als bedenklich für die Gesundheit der Tiere (Fluorose).

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 denkbar ist. Für dieses wasserextrahierbare Fluor bestehen auch gute Korrelationen zur Entfernung eines Emittenten.

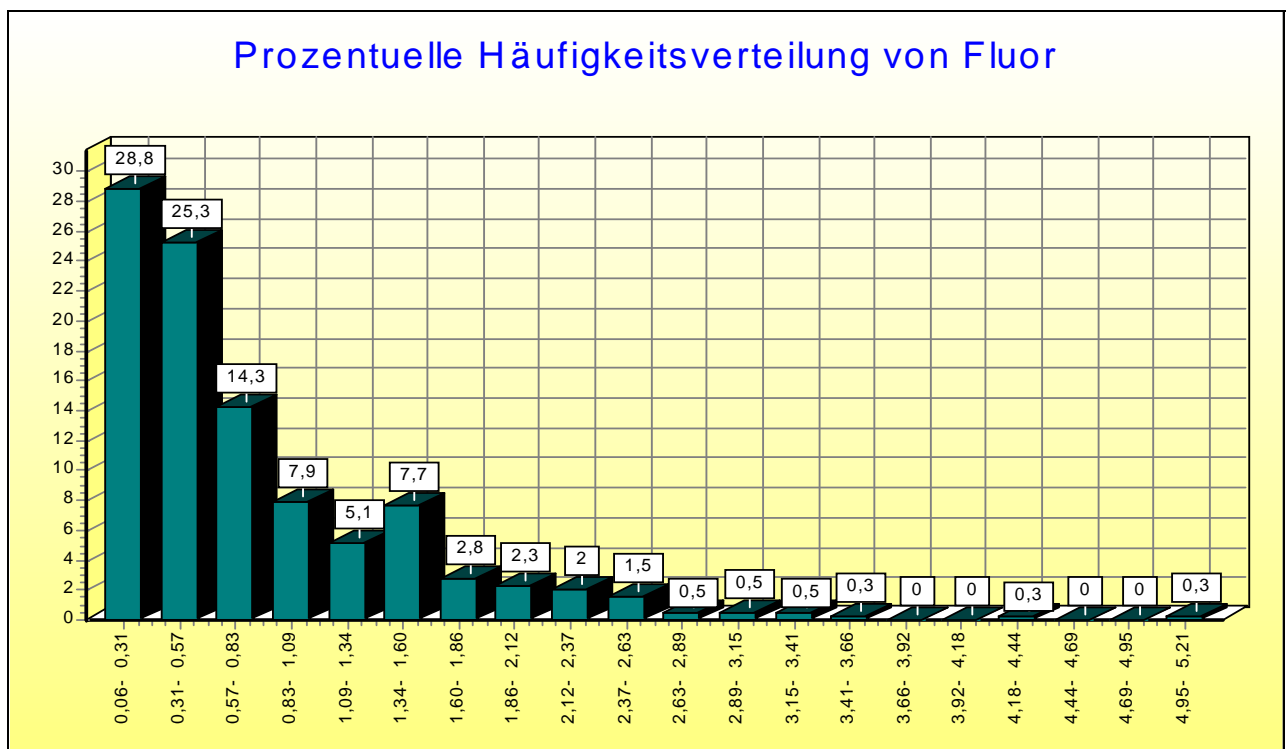
Die Bestimmung erfolgt nach einer Hausmethode (Wasser-Extraktion und Messung mit ionenselektiver Elektrode).

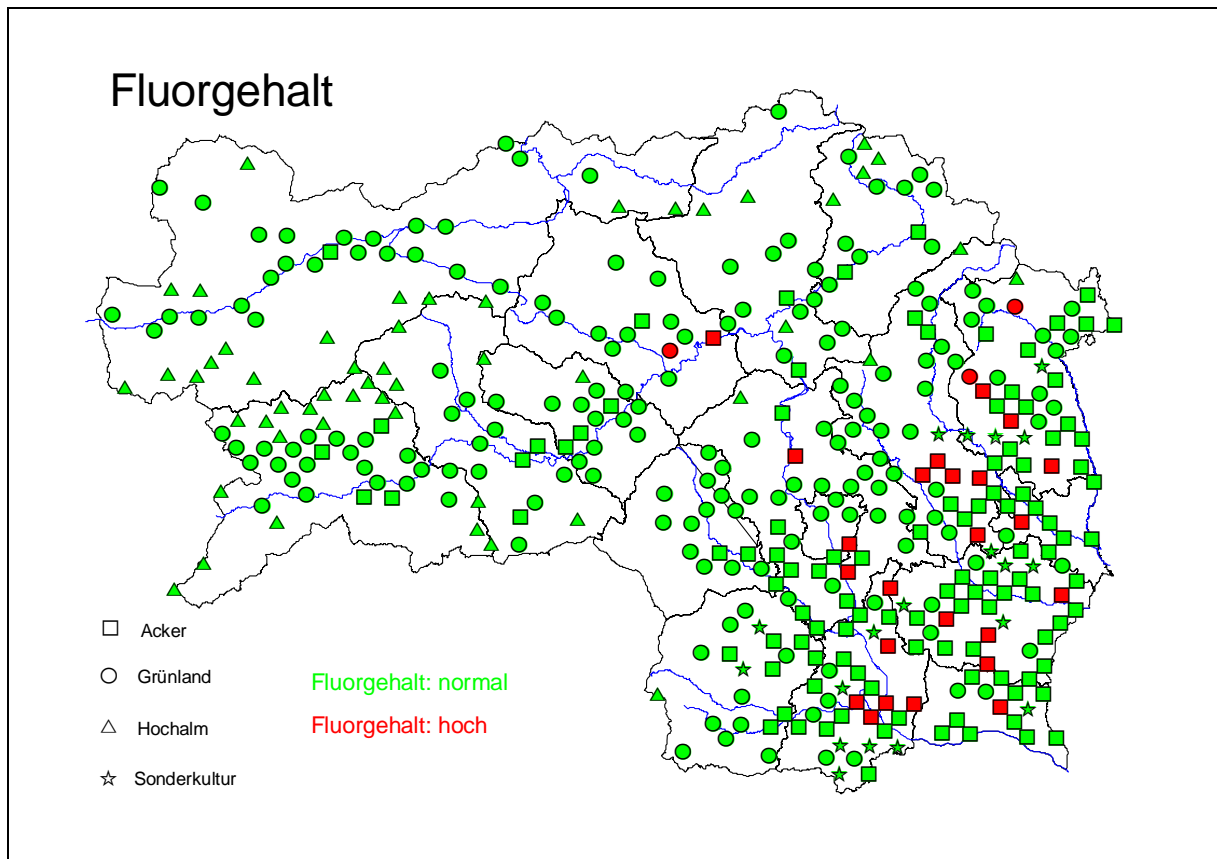
Untersuchungsergebnisse:

Hinsichtlich des **Fluorgehaltes** zeigt sich folgende Verteilung:

Anzahl Standorte

Fluor	„normal“	„über 2 ppm“	% Mediangehalt
Grünland	183	3	0,41
Acker	111	24	0,97
Hochalm	52	-	0,18
Sonderkultur	19	-	1,23
Alle Standorte	365	27	0,51





Aus der kartografischen Darstellung erkennt man eine Konzentration der erhöhten Werte im Bereich der Süd- bzw. Südost-Steiermark. Eine genauere Festlegung der flächenhaften Verbreitung oder Ableitung der Herkunft ist jedoch bei der derzeitigen Standortdichte nicht möglich.

Schwermetalle:

Allgemeines:

Der Bestimmung dieser Schadstoffgruppe ist insofern besondere Bedeutung beizumessen, als hier auf Grund der möglichen Gefährdung von Mensch - Tier - Pflanze zu kontrollierende gesetzliche Grenzwerte festgelegt wurden. Beim Arsen wird der international üblichen Richtwert von 20 ppm zur Beurteilung herangezogen.

Dazu sei angemerkt, daß die Grenzwerte „de jure“ nur für den Oberboden (Acker 0 - 20 cm, alle anderen Flächen 0 - 10 cm) Geltung haben und damit beim Grünland sowie auf Hochalmflächen 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.

Die Bestimmung 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 Schadstoffbelastungen:

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.

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

Ein weitaus besseres Maß für die Beurteilung von Schadstoffeinträgen als der derzeit üblicherweise verwendete Grenzwert, ist der in der Literatur als „natürlicher Gehalt“ definierte Schwermetallbereich, welcher hier **Literaturwert** genannt wird. Er beschreibt jenen Normalbereich, in welchem Schwermetalle naturgegeben (geogen) vorkommen und wird auch oft als **Hintergrundwert** bezeichnet.

Die Festlegung des Literaturwertes erfolgte jedoch in Gegenden nördlich der Ostalpen, also mit einer teilweise völlig anderen geologischen Ausgangssituation als in der Steiermark (gleiches gilt auch für die derzeit gültigen Grenzwerte)! Speziell die als natürlich definierten Arsengehalte werden der Geologie der Steiermark in keiner Weise gerecht (gleiche Ergebnisse zeigen auch die Bodenzustandsinventuren der anderen Bundesländer, welche Anteil an den Ostalpen haben).

Aus den Ergebnissen der Bodenzustandsinventur der steirischen Rasterstandorte ist es nun aber möglich erstmals geeignete **Normalwerte** zur Beurteilung von Bodenbelastungen zu schaffen, welche den geologischen Gegebenheiten unseres Bundeslandes Rechnung tragen.

Berechnungsvorgang: Der Mediangehalt und die zweifache Standardabweichung der untersuchten Unterböden (341 - 353 Proben, ausreißerbereinigt), sowie der zweifache Analysenfehler in mg/kg werden für das betreffende Schwermetall summiert. Die Miteinbeziehung des zweifachen (Fehler des Richtwertes und des zu vergleichenden Wertes) Analysenfehlers ermöglicht eine direkte Beurteilung der Analysenwerte von Bodenproben.

Die so ermittelten **Normalwerte für die Steiermark** in gerundeter Form lauten: (Vergleich mit den derzeit üblichen Richtwerten)

Richtwerte (mg/kg)	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
Grenzwert	100	300	100	100	60	50	10	2	2	(20)
Literaturwert	2-40	10-80	2-20	5-100	5-50	1-40	0,2-5	<0,5	<0,5	2-20
Normalwert - Stmk.	50	140	30	80	60	30	1,5	0,30	0,25	40

Mit Hilfe dieser speziell für die Bodensituation der Steiermark ermittelten Normalwerte ist es wesentlich besser möglich nennenswerte anthropogene Schadstoffeinträge oder geologische Anomalien erkennen zu können, als bisher.

Dennoch:

Es ist generell nicht möglich einen Richtwert zu definieren, der in der Lage wäre aus Bodengehalten eine allgemein gültige Gefährdungsvorhersage zu treffen !!!

Es gibt kein universell gültiges Berechnungsmodell oder Extraktionsverfahren, welches aus Schadstoffgehalten des Bodens Vorhersagen über zu erwartende Grundwasser- oder Pflanzenbelastungen machen kann. Ursache ist das zu komplexe Ursache-Wirkungsgefüge des Bodens und der Pflanzeigenschaften, welches unter anderem vom pH-Wert, Ton- und Humusgehalt des Bodens, sowie durch Art, Alter und Teil der Pflanzen beeinflusst wird. Aktuelle Immissionen bleiben völlig unberücksichtigt.

Der einzig gangbare Weg Gefährdungen erkennen zu können, ist nur über eine unmittelbare Wasser- oder Pflanzenanalyse denkbar. Richtwertüberschreitungen im Boden sollen nur den Anstoß für diesbezügliche weiterführende Analysen geben.

⇒ Qualitätsanforderungen an einen Richtwert:

- Ein sinnvoll definierter Richtwert muß nennenswerte anthropogene Belastungen und geogene Anomalitäten vom natürlichen Background unterscheiden können. Dies ist mit den derzeit verwendeten Grenz- und Literaturwerten nur sehr beschränkt möglich, da sie den vorherrschenden Bodeneigenschaften der Steiermark nur selten entsprechen. Dennoch hatte ihre Verwendung anfangs - als einziger Anhaltspunkt zur Beurteilung von Schwermetallgehalten - durchaus seine Berechtigung.
- Eine Richtwertfestlegung muß so flexibel sein, daß Verbesserungen ihrer Aussagekraft dem letzten Wissensstand entsprechend möglich sind. Die Festlegung der hier präsentierten Normalwerte ist ein sinnvoller Weg in diese Richtung.

Nach der 1997 veröffentlichten Studie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft „Bodenschutz in Österreich“ (Seite 158) ist eine stufenweise Herabsetzung der Grenzwertkonzentrationen in Näherung an Hintergrund- bzw. theoretisch erreichbare Konzentrationen (länderweise Umsetzung) anzustreben.

Ein weiteres derzeit in Fachkreisen diskutiertes Beurteilungsschema beschäftigt sich mit der Erstellung von Hintergrundwerten, welche natürliche Schwermetallgehalte im Boden in Abhängigkeit von Geologie, Bodentypen, bodenbildendem Ausgangsmaterial und landwirtschaftlicher Nutzungsform zu definieren versucht. Auch diese Beziehungen werden bei der Besprechung der Schwermetalle im Einzelnen präsentiert, wobei jedoch wegen der geringen Standortanzahl nicht immer aussagekräftige Erkenntnisse zu erwarten sind. Erst nach Beendigung der derzeit in Arbeit befindlichen Verdichtung der Rasterstandorte (Abschluß geplant für 2007) sind hier fundiertere Daten zugänglich.

Folgende Hinweise auf Schwermetallbeziehungen sind derzeit erkennbar:

- Bei Acker- und Grünlandstandorten ist die Abstufung der Schwermetallgehalte innerhalb der untersuchten Bodenhorizonte meist schwach ausgeprägt. Hochalmstandorte hingegen weisen meist eine deutlichere Abstufung auf. Gehalte typischer geogener Elemente wie Cu, Cr, Ni und Co steigen von oben nach unten hin an. Bei den anthropogen beeinflussten Schadstoffen Pb und Cd ist der Trend umgekehrt. Die Oberböden der Hochalmstandorte weisen deutlich höhere Gehalte an Pb und Cd auf, als Acker- und Grünlandstandorte.
- Bei den Beziehungen der Schwermetallgehalte zu den geologischen Großeinheiten fällt vor allem der hohe Durchschnittsgehalt von Pb und Cd in den Oberböden der Kalkalpen auf. Da in dieser Region bisher aber nur 18 Standorte beprobt wurden, ist diese Aussage mit der nötigen Skepsis zu betrachten.
- Bezüglich der Bodentypen ist die Aussagekraft wegen der derzeit geringen Anzahl an Untersuchungsstandorten noch niedriger. In der Gruppe der Rendsina und Ranker (22 Punkte), sowie in der Podsol (13 Punkte)- und der Reliktbodengruppe (6 Punkte) sind daher die Ergebnisse der statistischen Auswertung als unsicher zu betrachten. Der einzige Anmoorboden ist statistisch überhaupt nicht bewertbar. So findet man im Vergleich zu den übrigen Bodentypen bei den Podsolböden für die Schwermetalle Cu, Zn, Cr, Ni und Co stets die niedrigsten Durchschnittsgehalte. Beim Blei ist der Mediangehalt der Podsolgruppe jedoch am höchsten. Die Standorte auf Reliktböden fallen bei den Elementen Zn, Pb, Cd, Hg und As durch hohe Durchschnittsgehalte auf.

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse:

Der Großteil der festgestellten Schwermetallgehalte befindet sich im Bereich üblicher, natürlicher Bodenwerte. Nur bei den Elementen Cadmium und Blei sind höhere Gehalte häufig, ohne jedoch die gesetzlich festgelegten Grenzwerte zu überschreiten.

Grenzwertüberschreitungen findet man am häufigsten beim Element Arsen und in seltenen Fällen auch bei den übrigen Schwermetallen. Nur beim Element Molybdän wurden überhaupt keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt.

Die Herkunft der meisten Schwermetallüberschreitungen kann auf Grund einer Profilanalyse (Betrachtung der Schwermetallgehalte in allen untersuchten Bodenschichten) als überwiegend geogen und somit naturgegeben erklärt werden.

Mit Hilfe einer Profilanalyse wurde auch versucht, den **anthropogen** verursachten Anteil der Schwermetalle im Oberboden grob abzuschätzen:

Dazu wird rein rechnerisch die Differenz der Schwermetallgehalte aus Oberboden minus Unterboden gebildet. An Standorten, wo diese Differenz einen höheren Wert als der doppelte Analysenfehler ergibt, besteht der **Verdacht** auf eine anthropogene Beeinflussung. Dieses grobe Rechenmodell berücksichtigt nicht natürliche Anreicherungsmechanismen (z. B.: Biologische Transportvorgänge)!

Aus der nachstehenden Tabelle sieht man, daß vor allem bei den Schwermetallen Pb und Cd, aber auch bei Zn und Mo der (vermutlich) anthropogene Anteil sehr hoch ist.

Bei den Schwermetallen Zn, Pb und Cd handelt es sich um als umweltrelevant bekannte Schadstoffe; überraschend hoch ist jedoch der Anteil der Molybdänanreicherungen im Oberboden. Er betrifft ebenso, wie beim Zink etwa die Hälfte der untersuchten Böden.

Abschätzung des anthropogenen Schwermetallanteils im Oberboden:

Schwermetalle:	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
Anzahl der anthropogen beeinflussten Standorte:	59	174	267	45	31	29	175	336	105	58
Dies sind von 392 Standorten:	15 %	44 %	68 %	11 %	8 %	7 %	45 %	86 %	27 %	15 %
Anthropogener Anteil in mg/kg (Median):	9,70	25,67	11,55	17,10	8,40	4,90	0,31	0,15	0,09	4,85
Mediangehalte (BZI) im Oberboden in mg/kg:	25,40	94,88	24,15	40,92	27,33	12,95	0,80	0,24	0,12	11,45
Normalwert in mg/kg:	50	140	30	80	60	30	1,5	0,30	0,25	40
Grenzwert in mg/kg:	100	300	100	100	60	50	10	2	2	20

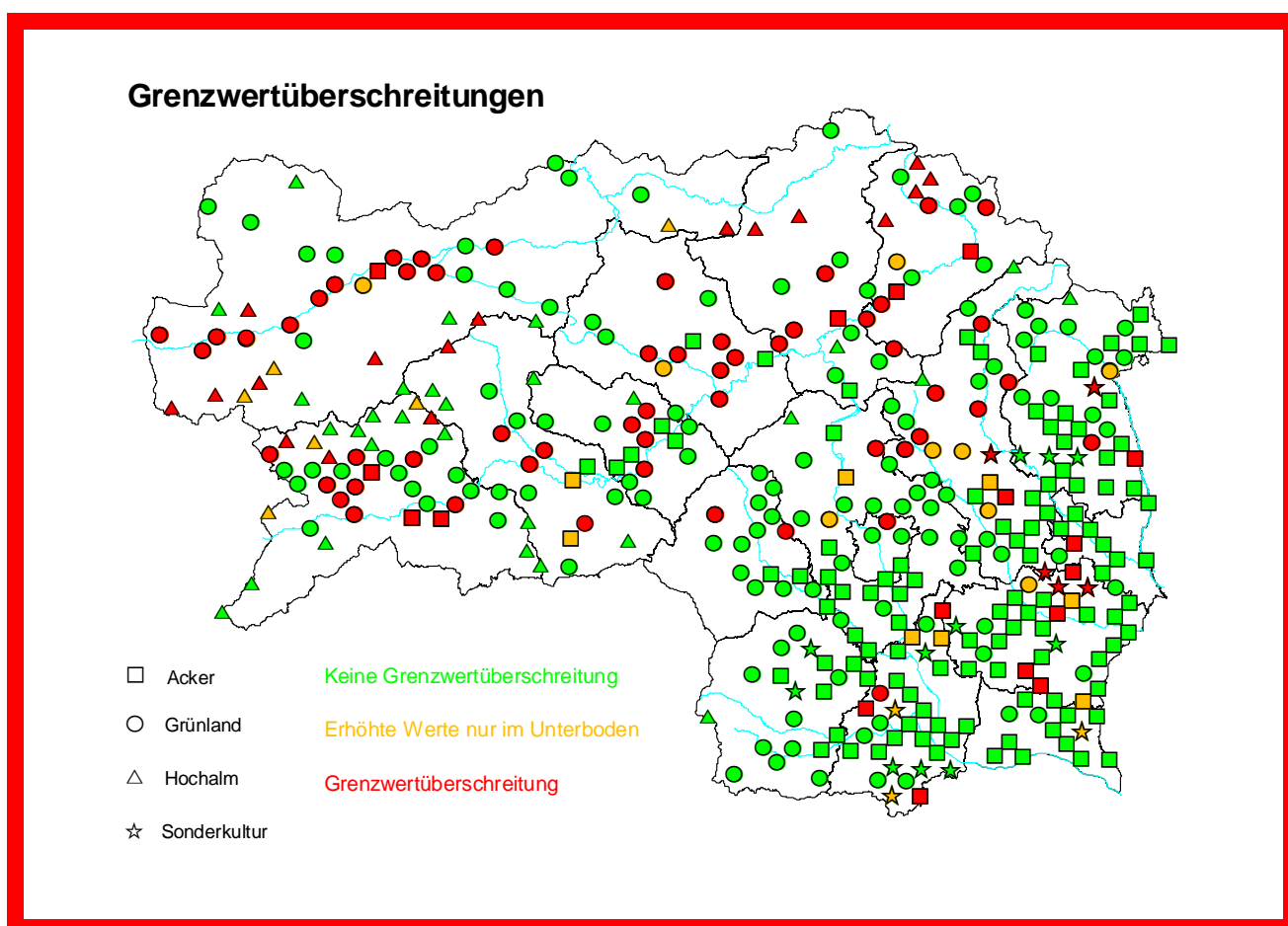
Insgesamt betrachtet gibt es in der Steiermark keinen Untersuchungsstandort an dem nicht zumindest ein Schwermetall im Oberboden angereichert wäre.

Grenzwertüberschreitungen in der Steiermark:

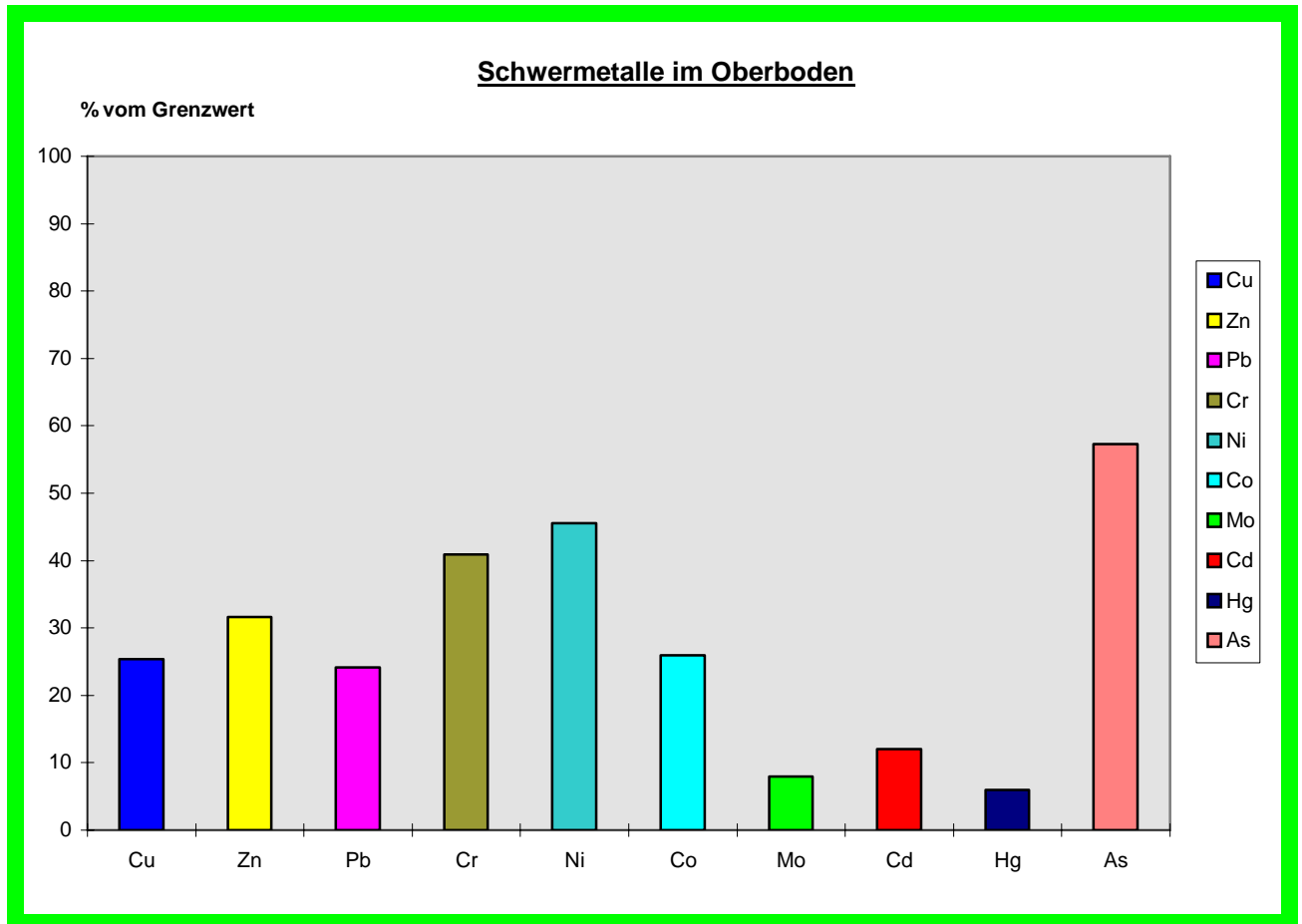
An den 392 untersuchten Rasterstandorten weisen 94 Punkte (24 %) zumindest bei einem Schwermetall eine Grenzwertüberschreitung im Oberboden auf. An weiteren 26 Standorten (7%) finden wir erhöhte Schwermetallgehalte im Unterboden. 272 Standorte (69 %) liegen mit ihren Gehalten unter dem Grenzwert.

Die folgende Karte zeigt die Lage der belasteten Standorte und läßt erkennen, daß die Obersteiermark häufiger Grenzwertüberschreitungen aufweist, als der Rest des Bundeslandes.

Standorte mit Grenzwertüberschreitungen in der Steiermark:



Durchschnittliche Schwermetallbelastung im Oberboden in Bezug auf die derzeit geltenden gesetzlichen Grenzwerte:



Da die Herleitung der Grenzwerte in Gebieten mit anderen geologischen Gegebenheiten als im Ostalpenraum erfolgte (Deutschland), sind sie für die Beurteilung steirischer Böden nur wenig aussagekräftig.

Man erkennt lediglich, daß in der Steiermark die durchschnittlichen Arsen-, Chrom- und Nickelgehalte in Bezug zum Grenzwert erhöht sind. Die Herkunft dieser Elemente ist überwiegend geogen erklärbar. Das Erkennen umweltrelevanter Schadstoffe, wie Blei und Cadmium geht wegen des zu hohen Richtwertes unter. Auch für die Metalle Molybdän und Quecksilber liegt der Grenzwert zur Beurteilung anthropogener Einflüsse zu hoch.

⇒ Um die Erkennung von umweltrelevanten Schadstoffbelastungen und geologischen Extremwerten zu ermöglichen, ist es daher notwendig eine Bewertung der Untersuchungsergebnisse über **gebietspezifische** Richtwerte (Normalwerte) durchzuführen.

Normalwertüberschreitungen in der Steiermark:

Prozentueller Anteil der Standorte mit Gehalten über dem Normalwert:

Element	Normalwert in mg/kg	Oberboden (%)	Unterboden (%)
Cu	< 50	6	6
Zn	< 140	10	4
Pb	< 30	31	4
Cr	< 80	4	5
Ni	< 60	5	6
Co	< 30	1	2
Mo	< 1,5	12	7
Cd	< 0,30	32	6
Hg	< 0,25	8	4
As	< 40	4	6

Daraus erkennt man, daß vor allem bei den als besonders umweltrelevant erkannten Schwermetallen Zn, Pb, Mo und Cd Überschreitungen des Normalwertes im Oberboden auftreten. Etwa 10 % der Standorte weisen im Oberboden erhöhte Werte von Zink und Molybdän auf - etwa ein Drittel der Standorte liegt bei den Schadstoffen Blei und Cadmium über dem Normalwert. Geogene Anomalien im Unterboden sind dagegen relativ selten (weniger als 10 % der Standorte), da über diese Schwermetallgehalte ja der Normalwert definiert wurde.

Betrachtet man die Standorte mit Gehalten über dem Normalwert und vergleicht sie mit jenen Punkten, an denen anthropogene Belastungen festgestellt wurden, so erkennt man folgendes:

Zink:

Von 38 Punkten (10 % aller Standorte), wo der Zinkgehalt den Normalwert im Oberboden überschreitet, besteht an 24 Punkten der Verdacht auf eine anthropogene Zusatzbelastung. Diese addiert sich zum geogenen Background und beträgt durchschnittlich ein Viertel des Gesamtgehaltes.

Blei:

Von 123 Punkten (31 % aller Standorte), wo der Bleigehalt den Normalwert im Oberboden überschreitet, besteht an 111 Punkten der Verdacht auf eine anthropogene Zusatzbelastung. Diese addiert sich zum geogenen Background und beträgt durchschnittlich die Hälfte des Gesamtgehaltes.

Molybdän:

Von 46 Punkten (12 % aller Standorte), wo der Molybdängehalt den Normalwert im Oberboden überschreitet, besteht an 31 Punkten der Verdacht auf eine anthropogene Zusatzbelastung. Diese addiert sich zum geogenen Background und beträgt durchschnittlich 40 % des Gesamtgehaltes.

Cadmium:

Von 126 Punkten (32 % aller Standorte), wo der Cadmiumgehalt den Normalwert im Oberboden überschreitet, besteht an 113 Punkten der Verdacht auf eine anthropogene Zusatzbelastung. Diese addiert sich zum geogenen Background und beträgt durchschnittlich 60 % des Gesamtgehaltes.

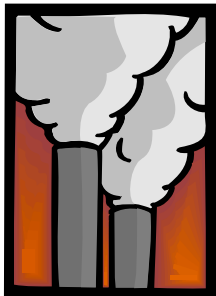
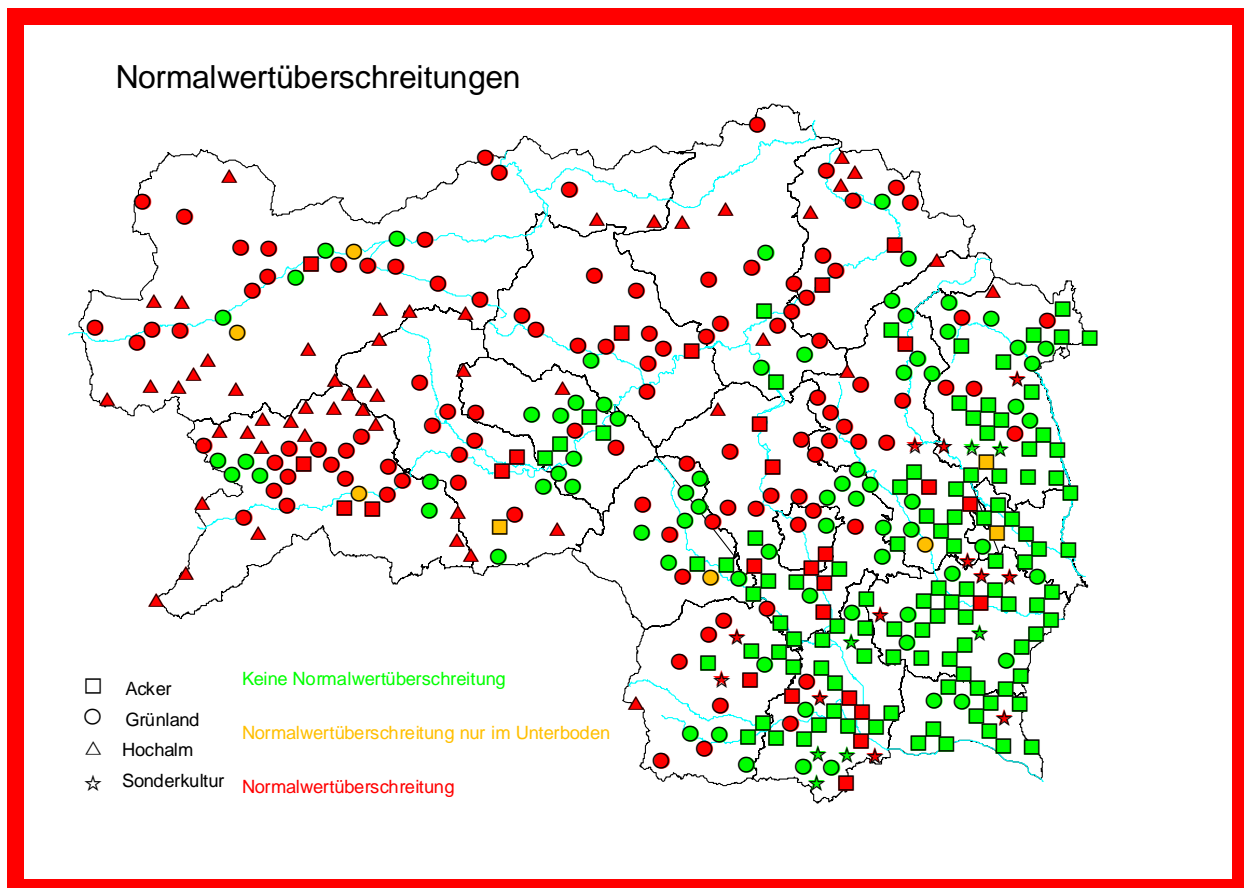
Ursachen von Überschreitungen des Normalwertes im Oberboden sind daher:

Für die Schwermetalle **Zink** und **Molybdän** lassen sich bei etwa zwei Drittel der Standorte die Belastungen auf eine Vermischung anthropogener und geogener Ursachen zurückführen. An etwa einem Drittel der Standorte können die Schwermetallgehalte aus überwiegend geogener Herkunft erklärt werden.

Für die Schwermetalle **Blei** und **Cadmium** hingegen lassen sich bei etwa 90 % der Standorte die Belastungen auf eine Vermischung anthropogener und geogener Ursachen zurückführen. Nur an etwa 10 % der Standorte können die Schwermetallgehalte aus überwiegend geogener Herkunft erklärt werden.



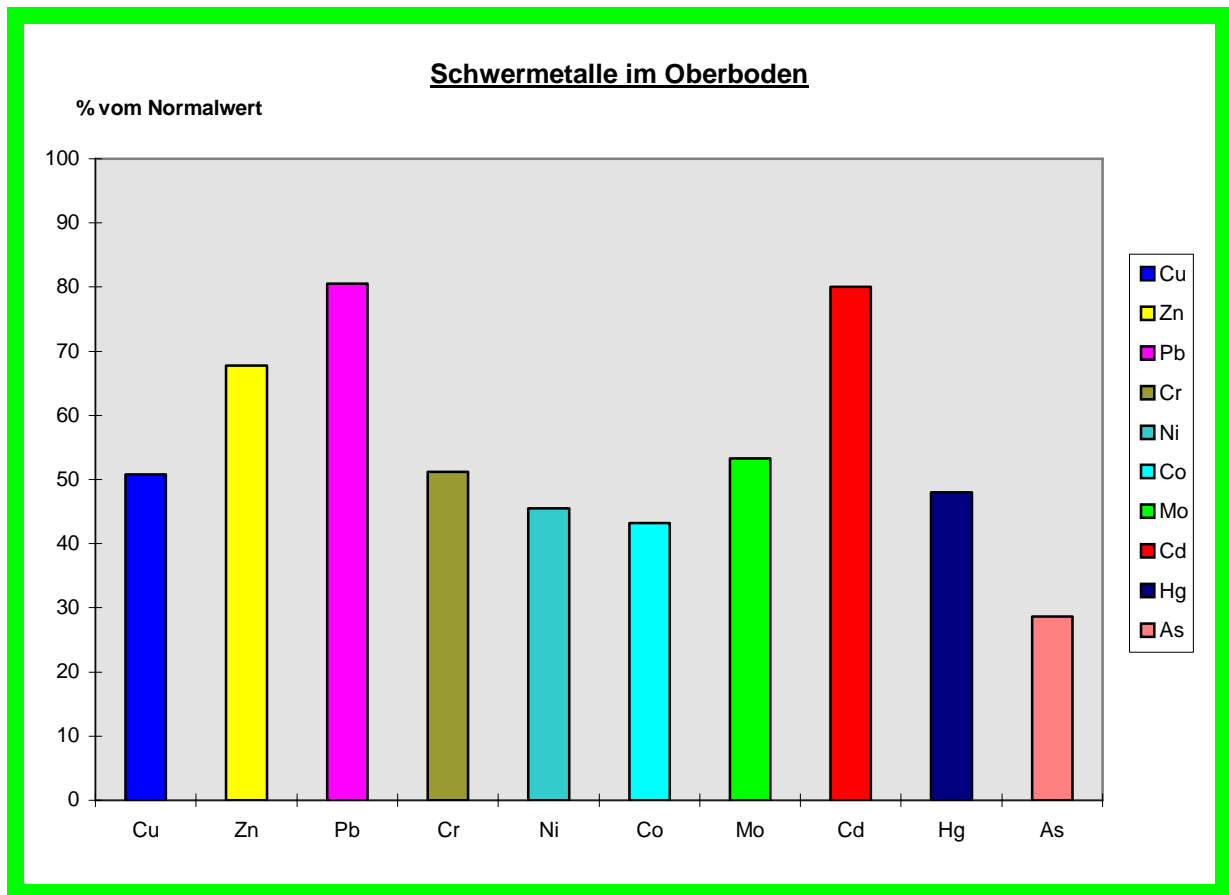
Standorte mit Überschreitungen des Normalwertes:



An den 392 untersuchten Rasterstandorten weisen 198 Oberböden (51 %) zumindest bei einem Schwermetall Gehalte über dem Normalwert auf. Dies sind Standorte mit vermutlich anthropogener Zusatzbelastung zum geogenen Background. An weiteren 8 Standorten (2%) finden wir nur im Unterboden erhöhte Schwermetallgehalte. Hier dürfte es sich um rein geogene Anomalien handeln.

186 Standorte (47 %) liegen mit ihren Gehalten unter dem Normalwert.

Durchschnittliche Schwermetallbelastung im Oberboden in Bezug auf übliche, natürliche Gehalte (Normalwerte):



Deutlich erkennbar ist die Umweltrelevanz der Schadstoffe Blei und Cadmium, welche im Schnitt ca. 80 % des Normalwertes erreichen. Das in diesem Sinne „unproblematischste“ Element ist das vorwiegend geogen vorkommende Arsen.



Kupfer (Cu):

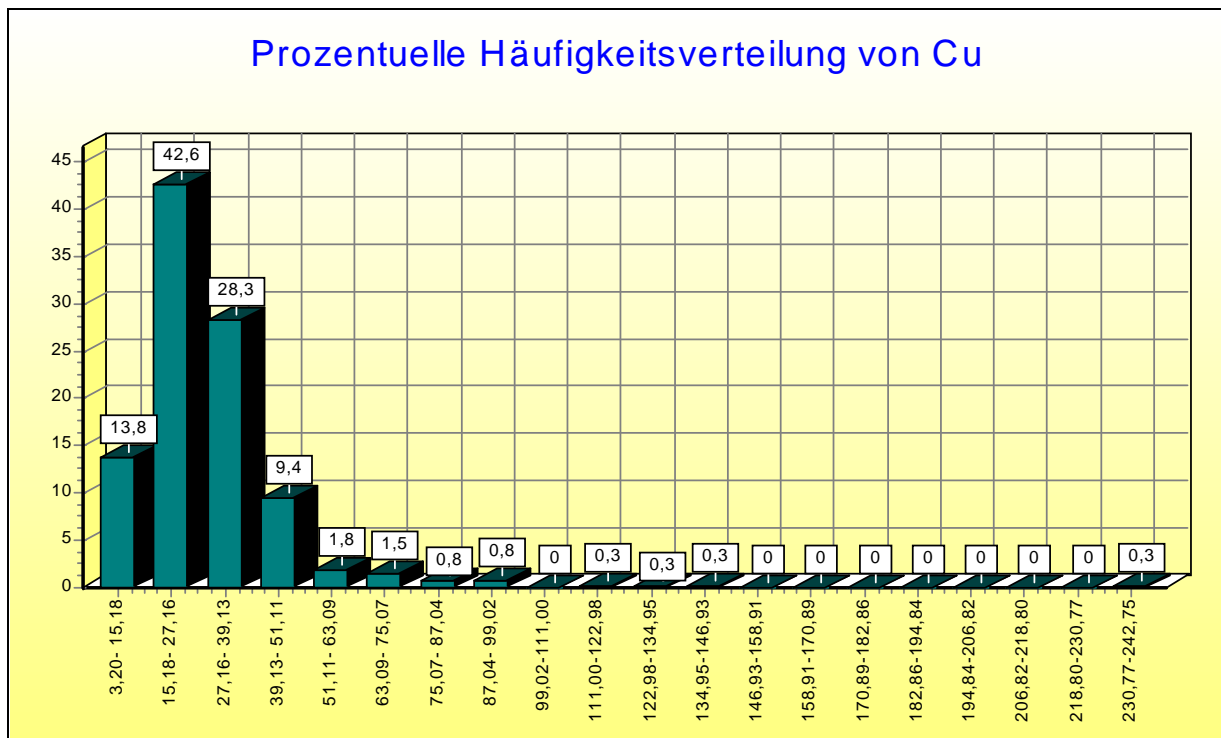
Allgemeines:

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.

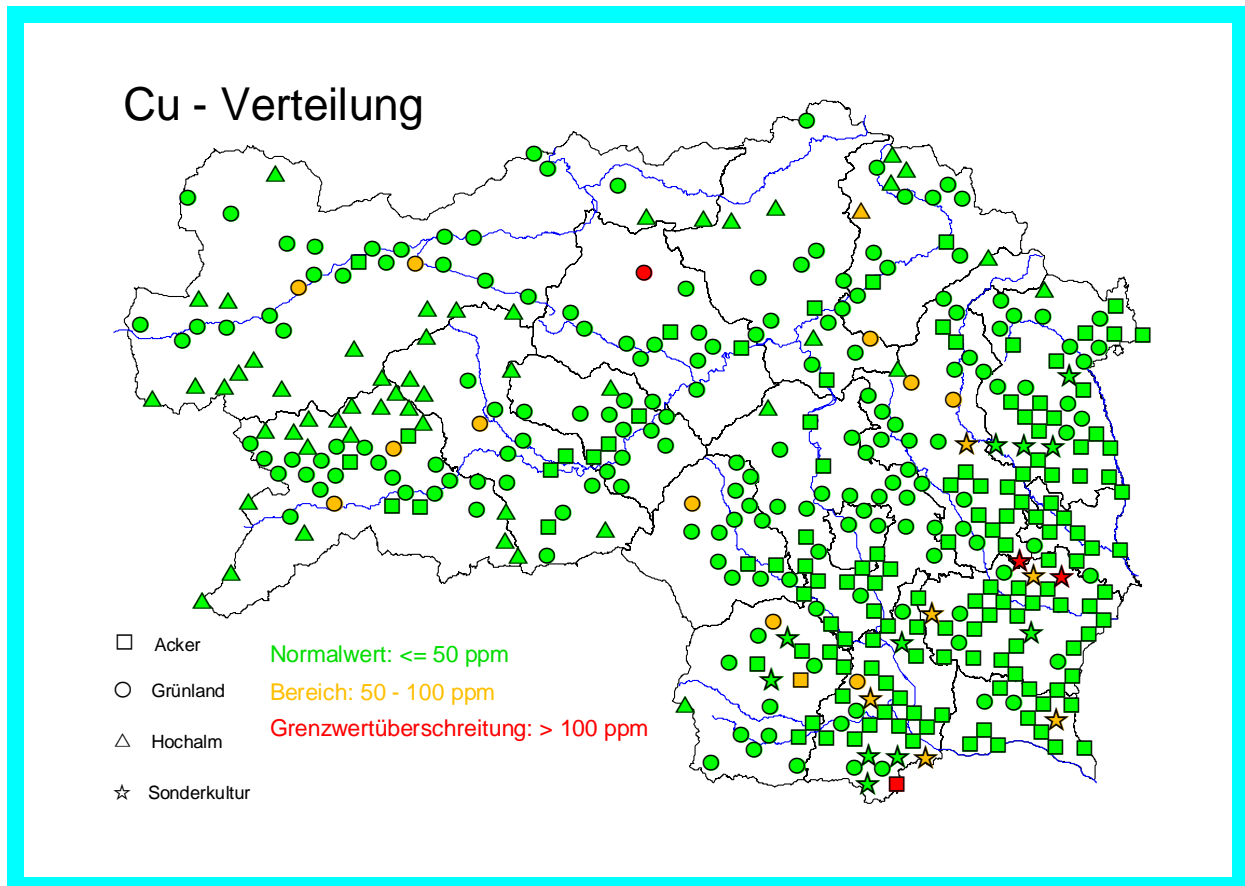
Untersuchungsergebnisse:

Häufigkeitsverteilung von Kupfer im Oberboden:



Grenzwertüberschreitungen (Gehalte > 100 ppm) findet man nur in den Oberböden von 4 Standorten (WZA 1, LBA 1, FBB 8, LEA 8). Zwei weitere Untersuchungsstandorte (RAA 7, MUC 7) weisen ausschließlich im Unterboden erhöhte Werte auf.

Drei der belasteten Standorte (WZA 1, FBB 8, RAA 7) sind Sonderkulturen mit Wein- oder Obstanbau. Hier erklären sich die erhöhten Cu-Gehalte durch die jahrelange Verwendung von kupferhaltigen Spritzmitteln. Auch der Ackerstandort LBA 1 ist ein Rigolboden, welcher vermutlich früher zum Weinanbau genutzt wurde. Die Belastungen an den Punkten MUC 7 und LEA 8 sind laut Profilanalyse geogener Natur.



Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 50 ppm) findet man in den Oberböden von 23 Standorten. Laut Profilanalyse kann für 9 Punkte eine geogene Herkunft angenommen werden, an 14 Standorten ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß wahrscheinlich. Neun dieser Standorte sind oder waren (LBA 1) Sonderkulturen, an denen kupferhaltige Spritzmittel verwendet wurden. Der Beweis für die anthropogene Einflußnahme durch eine Profilanalyse ist aber nicht immer möglich (z. B.: RAA 7), da es sich bei diesen Standorten meist um Rigolböden handelt und es im Zuge der Rigolierungen zu einer Vermischung aller Bodenhorizonte kommt.

An 4 Punkten wird der Normalwert um mehr als das Doppelte überschritten.

94 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: ebenfalls 94 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Cu-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

- An Grünland- und Ackerstandorten ist der Cu-Gehalt in allen Bodenhorizonten sehr einheitlich, bei Hochalmstandorten ist eine Steigerung zum Unterboden hin festzustellen. Beide Befunde weisen auf eine überwiegend geogene Herkunft hin. Der Medianwert der Cu-Gehalte im Oberboden von Sonderkulturen liegt mit 47,8 ppm etwa doppelt so hoch als bei allen übrigen Nutzungsformen, was auf die Applikation von Spritzmitteln zurückzuführen ist.
- Hinsichtlich der geologischen Großräume ist aufgrund der Streuungen keine statistisch sichere Auffälligkeit abzuleiten. Vor allem im Paläozoikum und den Oberbö-

den des Tertiär (häufig Standorte von Sonderkulturen) sind große statistische Schwankungen möglich.

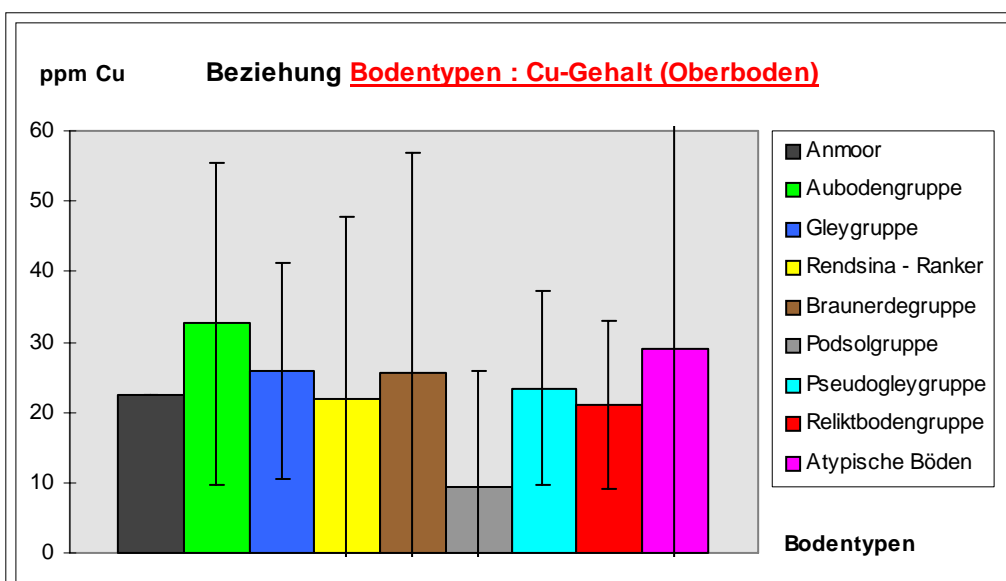
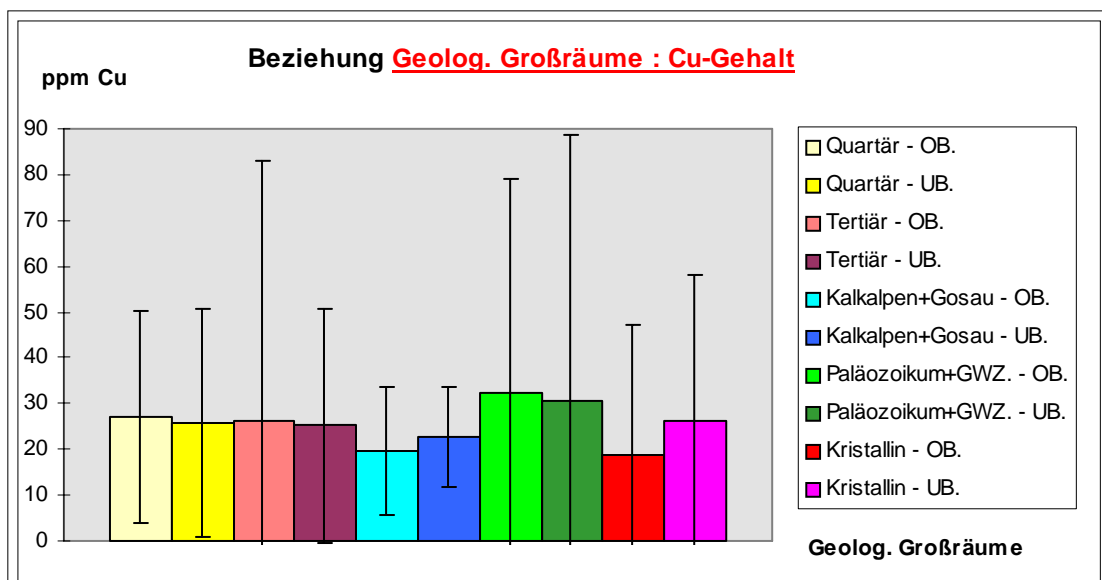
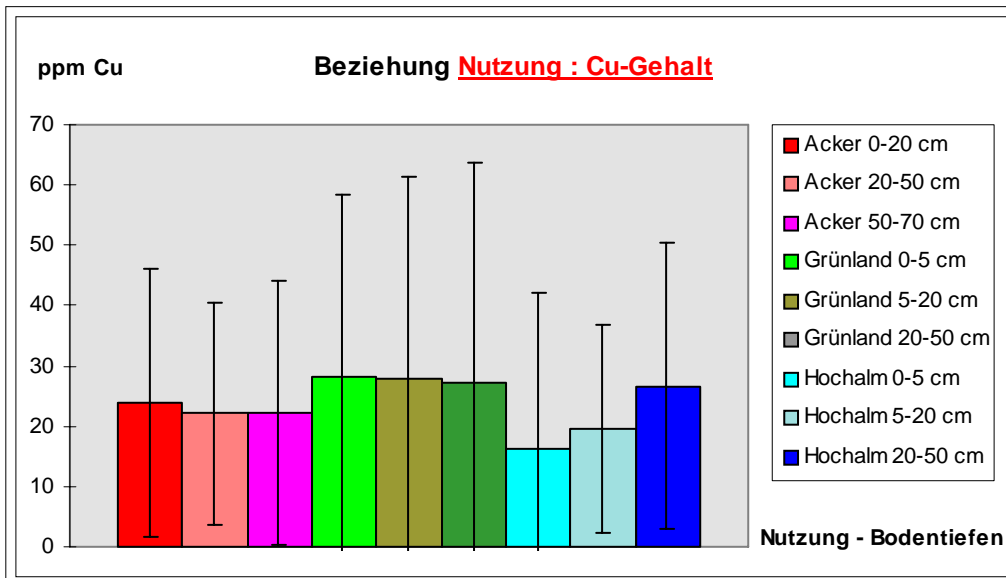
- Bei der Beziehung zum Bodentyp ist das Ergebnis ebenso statistisch unsicher, nur daß die Böden der Podsolgruppe im Schnitt durch niedrige Gehalte auffallen. Aber gerade dort ist das betrachtete Kollektiv zu klein, um signifikante Aussagen treffen zu können.

Statistische Datenanalyse: Kupfer

Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	23,90	22,35	11,6	112,2	26,27	135
Acker 20-50 cm	22,10	18,47	8,0	63,2	24,65	135
Acker 50-70 cm	22,25	21,98	7,1	95,7	24,89	126
Grünland 0-5 cm	28,25	30,20	3,2	127,3	30,55	186
Grünland 5-20 cm	27,75	33,68	2,2	139,8	30,24	186
Grünland 20-50 cm	27,20	36,61	4,2	156,3	30,08	179
Hochalm 0-5 cm	16,25	25,98	3,3	86,6	17,26	52
Hochalm 5-20 cm	19,55	17,11	1,6	42,9	18,10	52
Hochalm 20-50 cm	26,70	23,66	2,2	59,2	27,20	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	27,20	23,09	9,3	86,6	29,37	144
Quartär - UB.	25,80	24,73	4,2	81,1	27,08	137
Tertiär - OB.	26,05	56,94	11,6	242,8	32,72	103
Tertiär - UB.	25,20	25,50	11,2	97,2	27,24	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	19,63	14,02	11,3	32,5	20,55	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	22,80	10,85	13,1	29,4	22,50	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	32,25	46,87	5,8	127,4	35,86	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	30,50	58,12	9,2	156,3	39,54	33
Kristallin - OB.	18,98	28,24	3,2	78,3	22,54	90
Kristallin - UB.	26,40	31,64	2,2	91,3	26,89	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	22,40	0,00	22,4	22,4	22,40	1
Aubodengruppe	32,60	22,89	15,9	64,5	34,28	28
Gleygruppe	25,85	15,35	11,4	49,7	26,18	43
Rendsina - Ranker	22,00	25,65	3,2	44,7	23,49	22
Braunerdegruppe	25,55	31,22	3,6	127,4	28,90	201
Podsolgruppe	9,30	16,57	4,4	35,3	10,85	13
Pseudogleygruppe	23,40	13,76	11,6	39,3	23,48	39
Reliktbodengruppe	20,98	11,92	15,0	32,9	21,98	6
Atypische Böden	28,95	86,69	4,5	242,8	43,62	39



Zink (Zn):

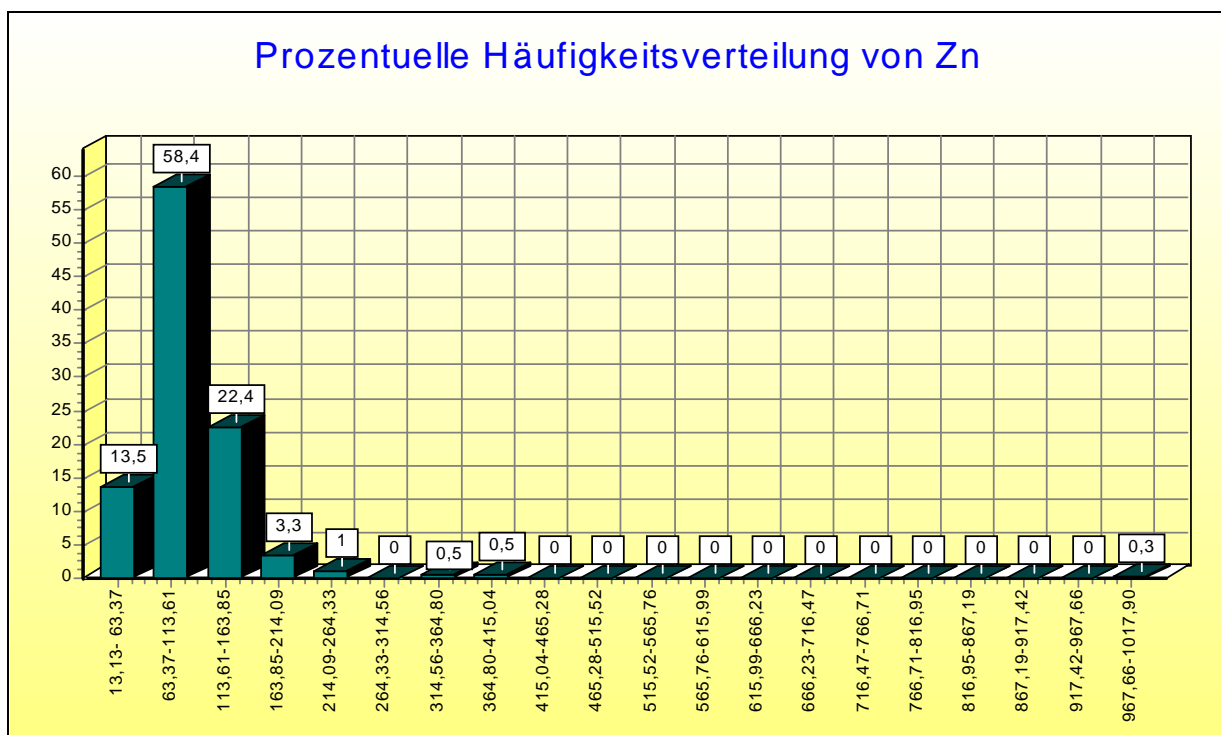
Allgemeines:

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.

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:

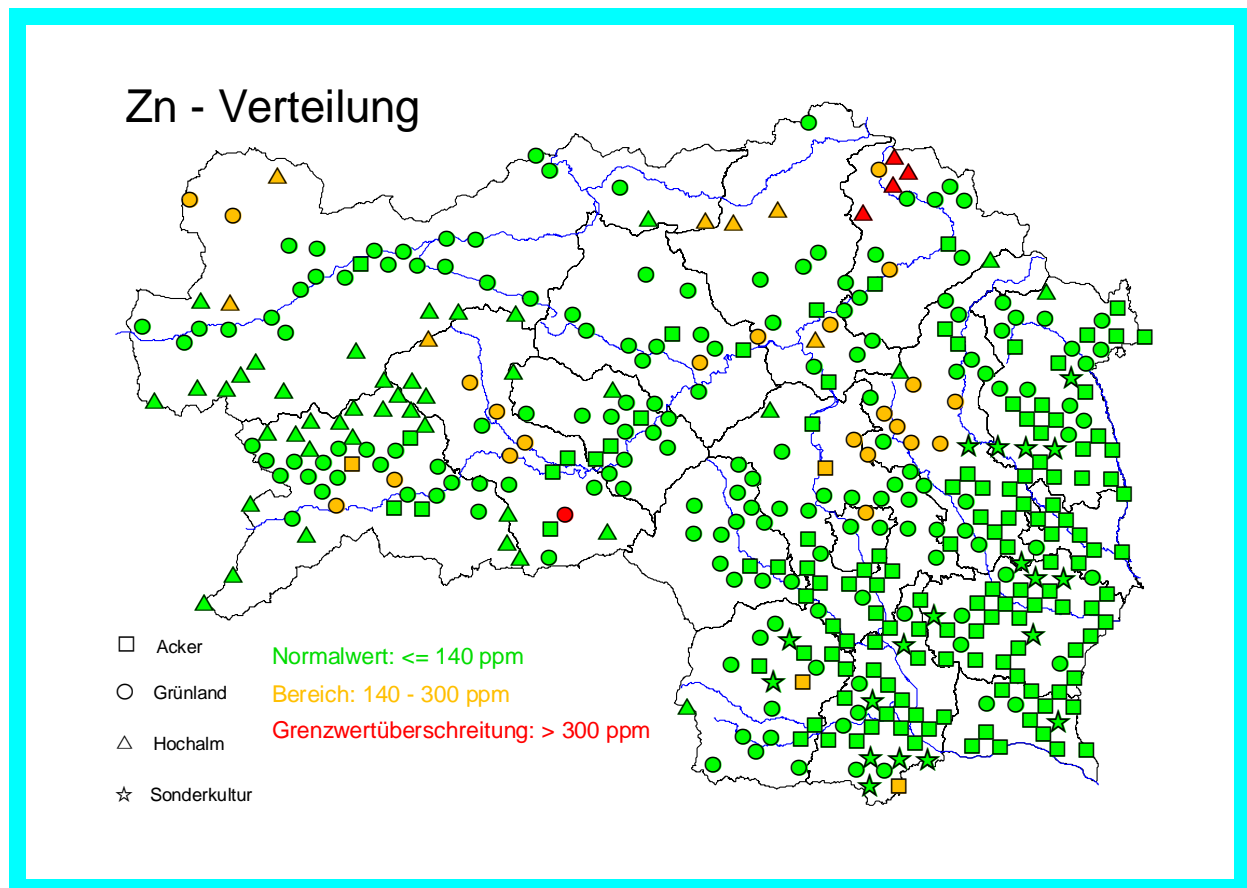
Häufigkeitsverteilung von Zink im Oberboden:



Grenzwertüberschreitungen (Gehalte > 300 ppm) findet man nur in den Oberböden von 5 Standorten (JUA 3, MZA 5, 7+8, MZB 2).

Auffallend ist die Häufung von Grenzwertüberschreitungen an den Hochalmstandorten im Bereich der Schneevalpe und Veitsch (Bezirk Mürzzuschlag), wobei der Standort MZA 8 durch besonders hohe Gehalte über 1000 ppm Zn heraussticht.

Laut Profilanalyse ist die Herkunft der erhöhten Schwermetallgehalte im Bezirk Mürzzuschlag geogen erklärbar. Am Grünlandstandort JUA 3 ist eine zusätzliche anthropogene Beeinflussung festzustellen.



Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 140 ppm) findet man in den Oberböden von 38 Standorten. Laut Profilanalyse kann für 15 Punkte eine geogene Herkunft angenommen werden, an 23 Standorten ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß wahrscheinlich.

An 5 Punkten wird der Normalwert um mehr als das Doppelte überschritten.

90 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: 93 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Zn-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

- An Grünland- und Ackerstandorten nimmt der Zn-Gehalt vom Ober- zum Unterboden hin leicht ab (Hinweis auf anthropogene Einflüsse), bei Hochalmstandorten sind die Gehalte meist gleichmäßig verteilt (Hinweis auf überwiegend geogene Herkunft).
- Hinsichtlich der geologischen Großräume ist aufgrund der Streuungen keine statistisch sichere Auffälligkeit abzuleiten. Vor allem in den Oberböden der Kalkalpen (Extremwerte im Bezirk Mürzzuschlag) sind große statistische Schwankungen möglich. Außerdem liegen in dieser geologischen Formation zu wenige Standorte um signifikante Aussagen treffen zu können.

Mit Ausnahme des kristallinen Bereiches weisen die Oberböden einer geologischen Formation immer höhere Zn-Gehalte als die korrespondierenden Unterböden auf (Hinweis auf anthropogene Einflüsse).

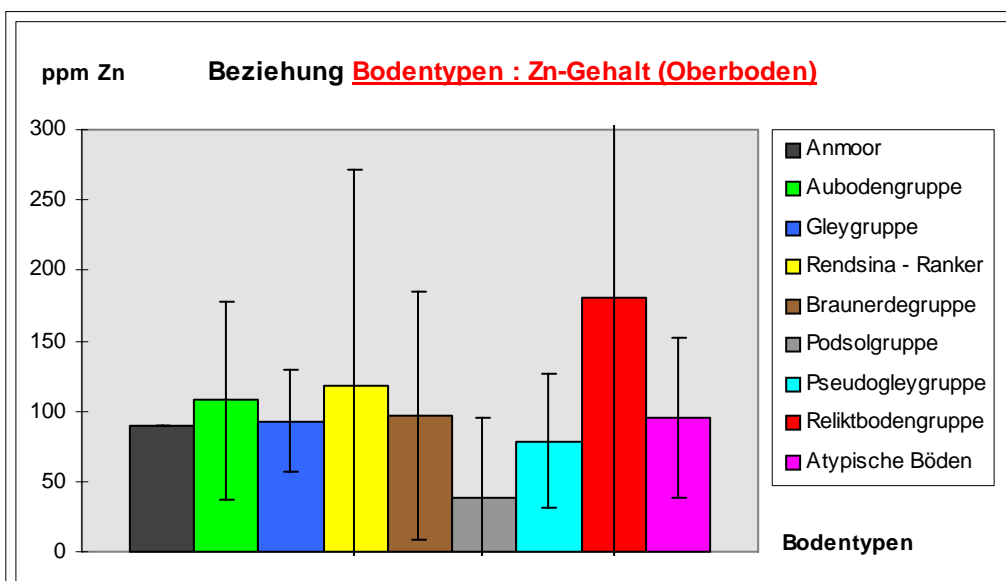
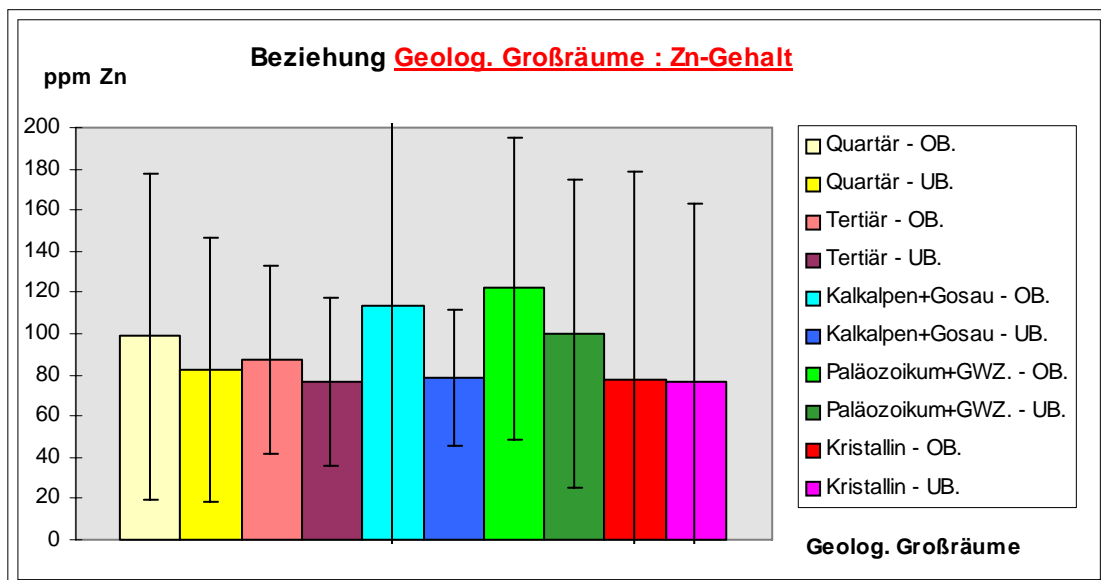
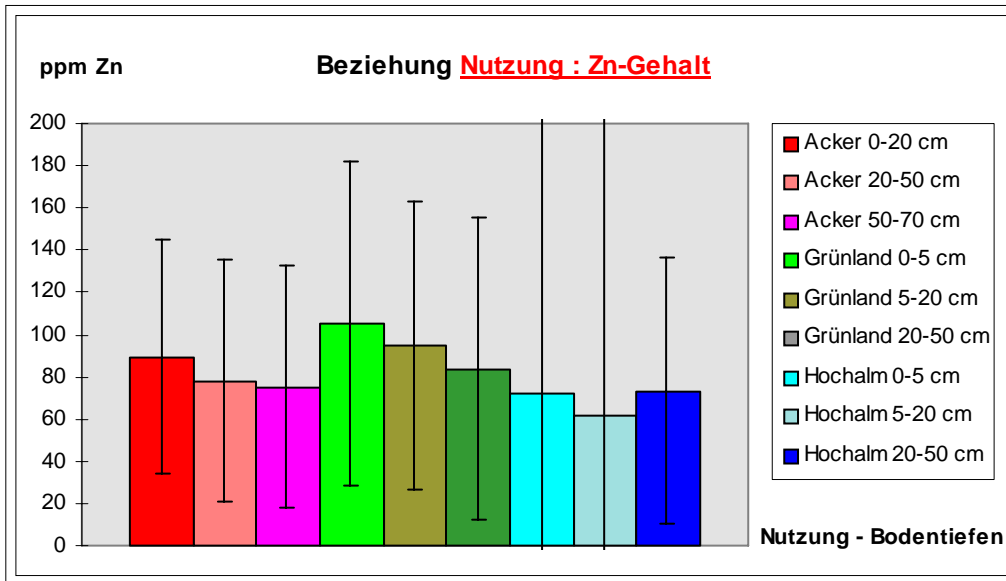
- Bei der Beziehung zum Bodentyp ist das Ergebnis ebenso statistisch unsicher, nur daß die Böden der Podsolgruppe im Schnitt durch niedrige und die Reliktboden-
gruppe durch hohe Gehalte auffallen. Aber gerade dort ist das betrachtete Kollektiv zu klein, um signifikante Aussagen treffen zu können.

Statistische Datenanalyse: Zink

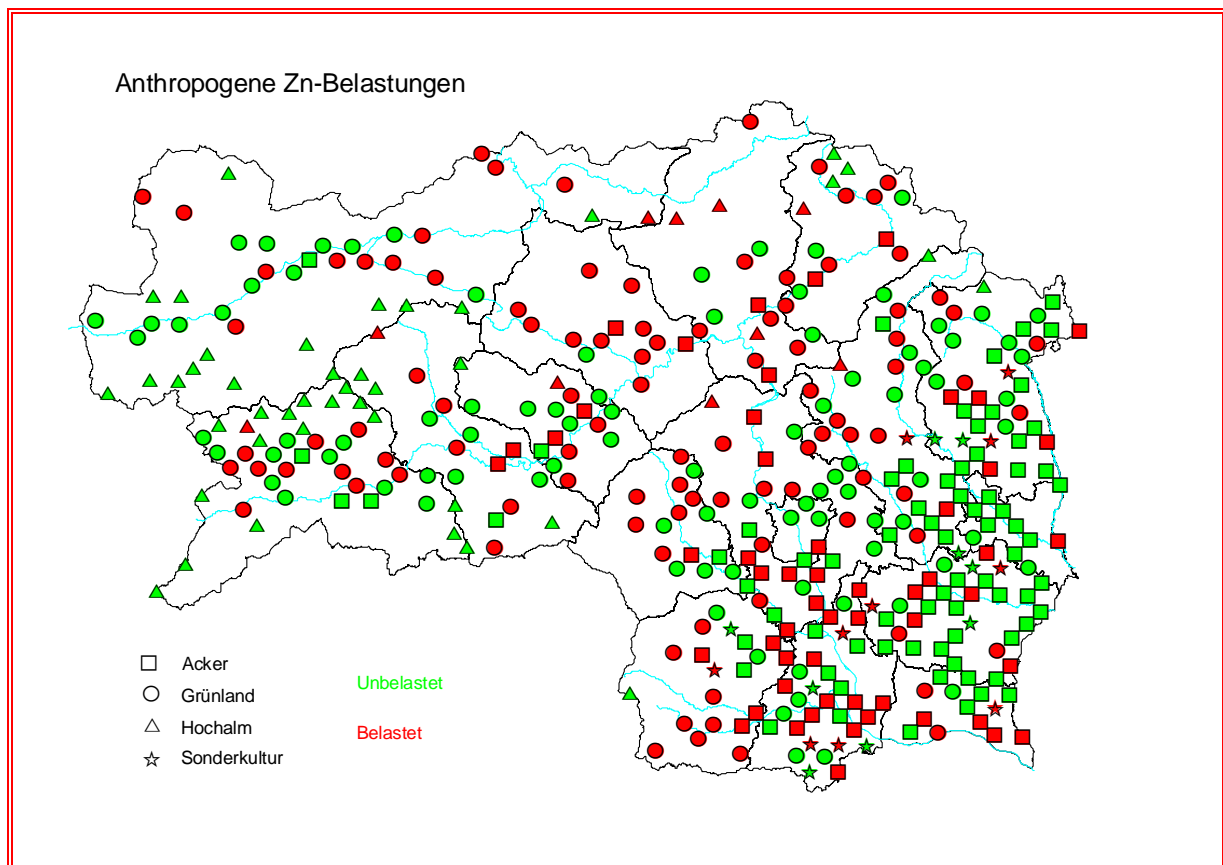
Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	89,40	55,22	40,4	249,3	91,06	135
Acker 20-50 cm	78,10	57,06	25,5	296,0	81,40	135
Acker 50-70 cm	75,10	57,39	33,7	287,2	78,49	126
Grünland 0-5 cm	105,38	76,70	29,8	368,4	108,02	186
Grünland 5-20 cm	94,60	68,27	21,0	263,4	98,15	186
Grünland 20-50 cm	83,80	71,50	23,5	299,4	90,53	179
Hochalm 0-5 cm	71,58	306,60	13,1	1017,9	113,62	52
Hochalm 5-20 cm	61,85	391,52	12,6	1403,6	110,13	52
Hochalm 20-50 cm	73,10	63,12	19,2	143,6	78,02	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	98,63	79,37	45,9	407,6	104,91	144
Quartär - UB.	82,60	63,90	33,9	287,2	85,52	137
Tertiär - OB.	87,50	45,41	40,4	169,2	87,70	103
Tertiär - UB.	77,00	40,75	31,3	145,9	77,78	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	113,55	439,36	78,8	1017,9	203,10	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	78,40	32,98	58,5	101,8	81,14	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	121,85	72,95	27,4	202,1	118,92	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	100,30	74,68	34,7	196,8	104,07	33
Kristallin - OB.	77,38	101,42	13,1	368,5	87,57	90
Kristallin - UB.	77,15	85,79	19,2	299,4	83,67	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	89,56	0,00	89,6	89,6	89,56	1
Aubodengruppe	107,80	70,47	71,4	249,3	113,43	28
Gleygruppe	92,85	35,89	52,6	122,3	91,12	43
Rendsina - Ranker	117,58	153,89	25,1	332,7	130,39	22
Braunerdegruppe	96,55	87,82	26,0	407,6	101,79	201
Podsolgruppe	37,78	57,05	13,1	103,8	50,71	13
Pseudogleygruppe	78,60	47,40	42,5	143,1	83,60	39
Reliktbodengruppe	180,78	720,89	75,3	1017,9	312,84	6
Atypische Böden	94,95	57,11	37,1	183,1	96,62	39



Standorte mit vermutlich anthropogener Zusatzbelastung: **Zink**



Eine flächenhafte Abgrenzung der anthropogen beeinflussten Gebiete ist auf Grund der derzeit noch zu geringen Standortdichte nur sehr vage durchführbar.

Als eher **unbelastet** kann man in diesem Sinne das Gebiet um Schladming, die Berg-region der Schladminger und Wölzer Tauern, sowie große Teile der Oststeiermark bezeichnen.

Als eher **belastet** erscheinen die traditionellen Industriegebiete um Leoben und Bruck/Mur, sowie eventuell ein größerer Teil des Bezirkes Deutschlandsberg.

Blei (Pb):

Allgemeines:

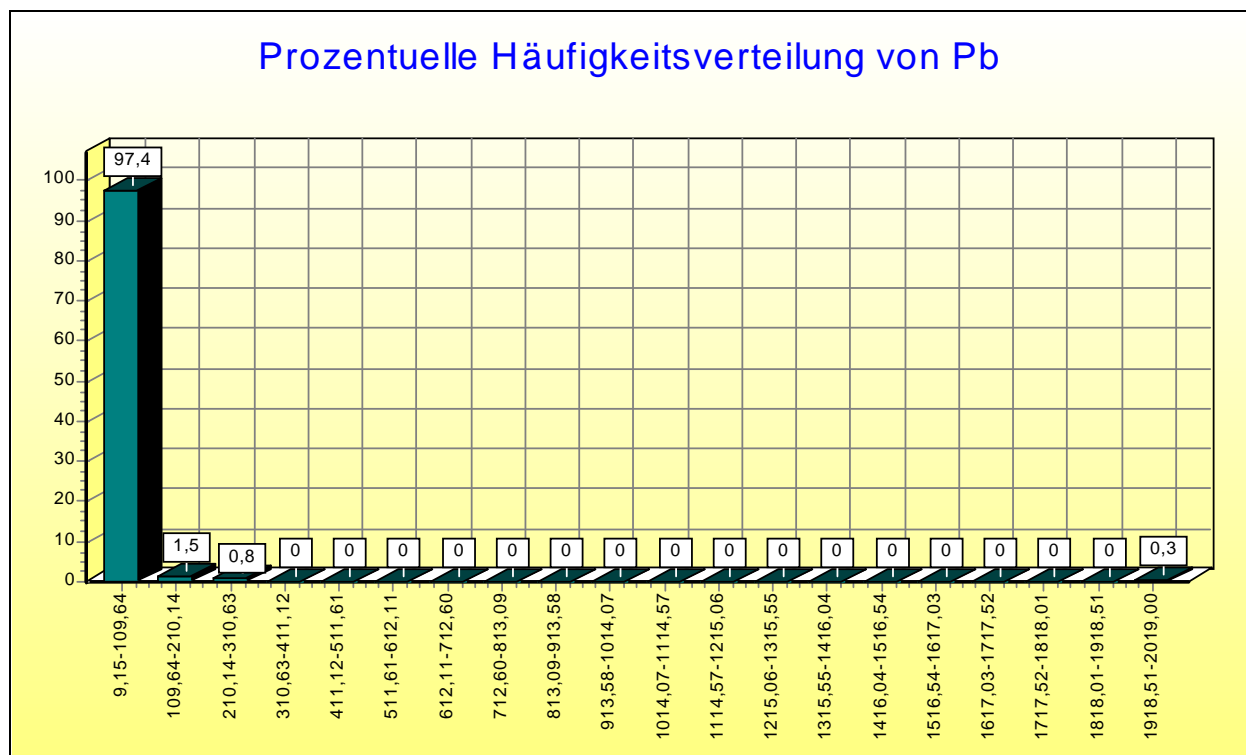
Blei ist kein essentielles Spurenelement und besitzt ein hohes toxisches Gefährdungspotential. Das durch menschliche Aktivitäten in die Umwelt gebrachte Blei kann sich im Boden und in Organismen anreichern. Es besitzt eine hohe biologische Halbwertszeit, welche beim Menschen 5-20 Jahre beträgt, sodaß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

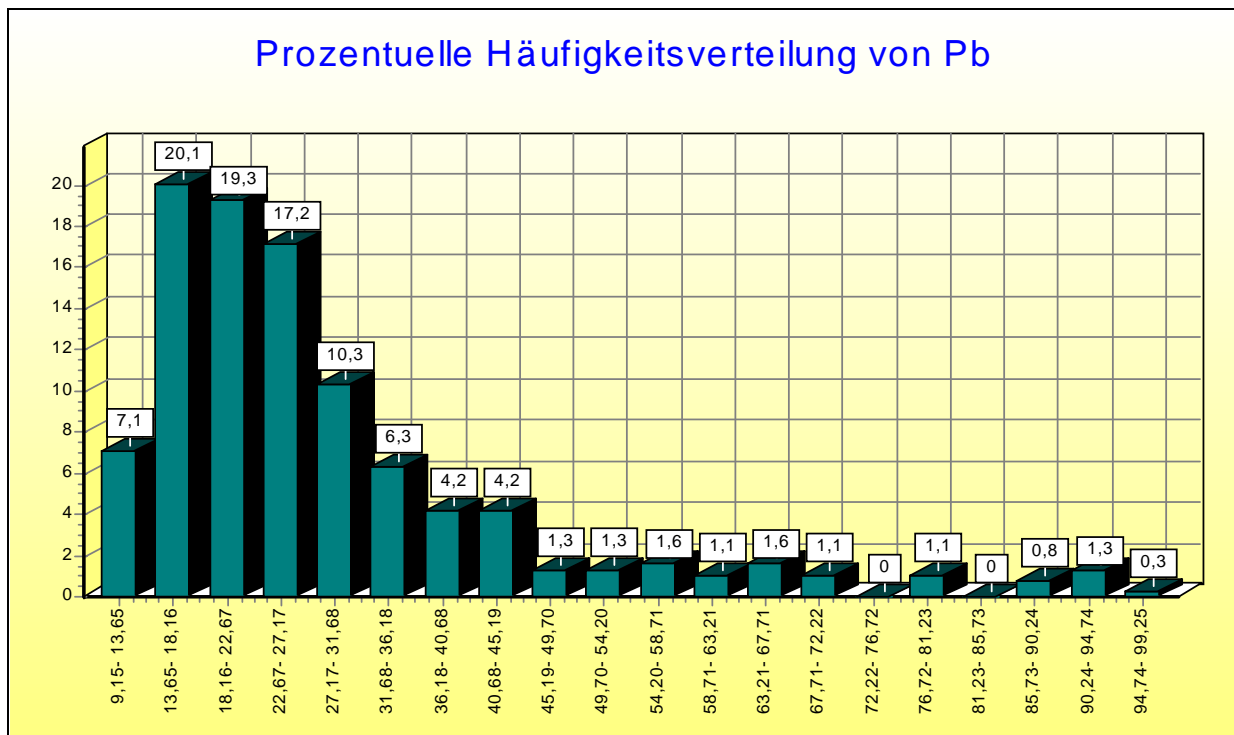
Untersuchungsergebnisse:

Häufigkeitsverteilung von Blei im Oberboden (Gesamtbereich):



Man erkennt, daß ein extrem belasteter Standort existiert - der Großteil der Punkte aber liegt im Gehaltsbereich unter 100 ppm.

Häufigkeitsverteilung von Blei im Oberboden (Bereich 0-100 ppm):



Grenzwertüberschreitungen (Gehalte > 100 ppm) findet man nur in den Oberböden von 13 Standorten (LID 2, 3+10, WZC 6, MZA 5, 7+8, MZB 2, BMB 4+5, LIG 5, LIH 4+6).

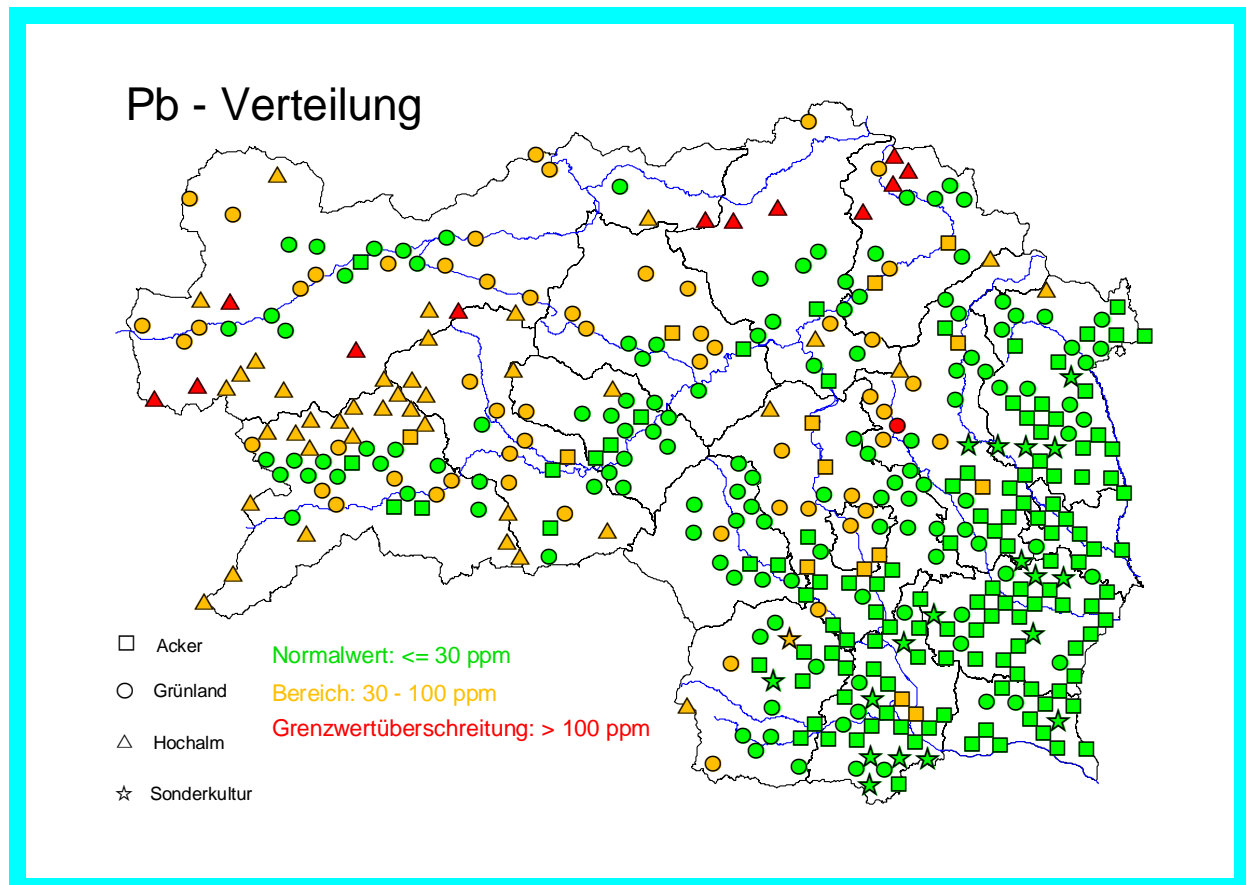
Auffallend ist die Häufung von Grenzwertüberschreitungen an den Hochalmstandorten im Bereich der Schneealpe, Veitsch und Hochschwab, wobei der Standort MZA 8 durch besonders hohe Gehalte über 2000 ppm Pb heraussticht. Das Belastungsbild deckt sich in dieser Region weitgehend mit dem des Zink.

Auch alle übrigen Grenzwertüberschreitungen mit Ausnahme des Grünlandstandortes WZC 6 findet man auf Hochalmen. In dieser sensiblen Region dürfte es also besonders häufig zu einem Zusammentreffen von erhöhten geogenen Gehalten mit Umweltbelastungen kommen.

Der Standort WZC 6 befindet sich in der Nähe eines ehemaligen Abbaugebietes für Blei und Zink. Die Profilanalyse zeigt einen ca. dreifach so hohen Gehalt der Bodenhorizonte von 0-20 cm im Vergleich zum darunterliegenden Boden. Dies spricht für eine anthropogene Verursachung im Zuge der alten Bergbautätigkeiten.

Auch an den belasteten Hochalmstandorten ist die Herkunft der erhöhten Schwermetallgehalte laut Profilanalyse nur am extrem belasteten Punkt MZA 8 als überwiegend geogen erklärbar. An allen übrigen Standorten ist zum geogenen Background eine zusätzliche anthropogene Beeinflussung festzustellen.

Blei ist daher neben Cadmium der Schadstoff mit der größten Umweltrelevanz !



Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 30 ppm) findet man in den Oberböden von 123 Standorten. Laut Profilanalyse kann nur für 12 Punkte eine überwiegend geogene Herkunft angenommen werden, an 111 Standorten ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß wahrscheinlich.

An 40 Punkten wird der Normalwert um mehr als das Doppelte überschritten. Bei diesen Punkten handelt es sich meist um Hochalmstandorte der Obersteiermark.

Nur 69 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: 82 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Pb-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

- An allen Standorten nimmt der Pb-Gehalt vom Ober- zum Unterboden hin leicht ab (Hinweis auf anthropogene Einflüsse). Weiters erkennt man, daß die Hochalmstandorte in den oberen beiden Bodenhorizonten einen deutlich höheren Durchschnittsgehalt an Blei aufweisen als die anderen Nutzungsformen.
- Hinsichtlich der geologischen Großräume ist aufgrund der Streuungen keine statistisch sichere Auffälligkeit abzuleiten. Nur in den Oberböden der Kalkalpen sind deutlich höhere Durchschnittsgehalte festzustellen. Gerade in dieser geologischen Formation aber sind zu wenige Standorte untersucht, um signifikante Aussagen treffen zu können. Generell weisen die Oberböden einer geologischen Formation im Schnitt immer höhere Pb-Gehalte als die korrespondierenden Unterböden auf (Hinweis auf anthropogene Einflüsse).

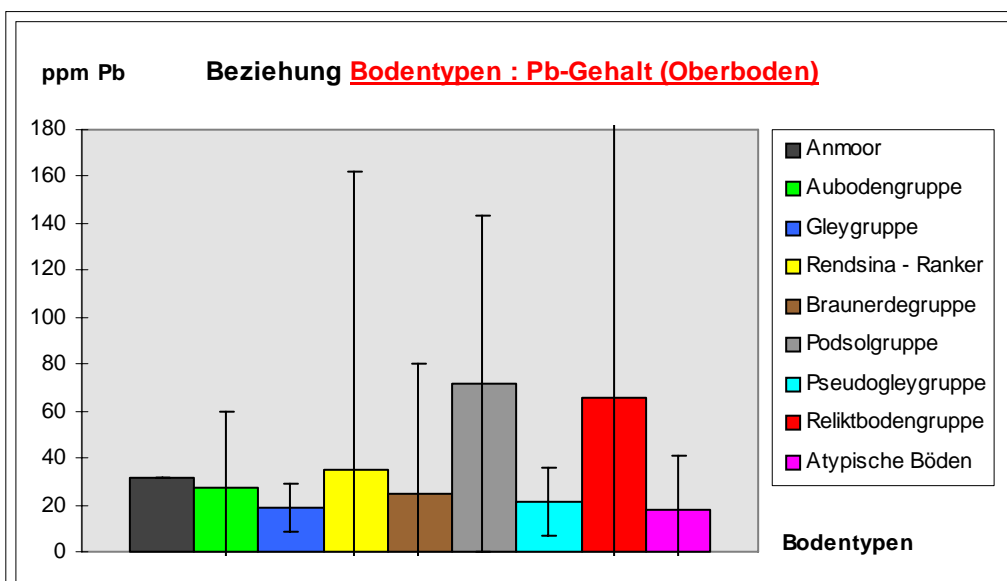
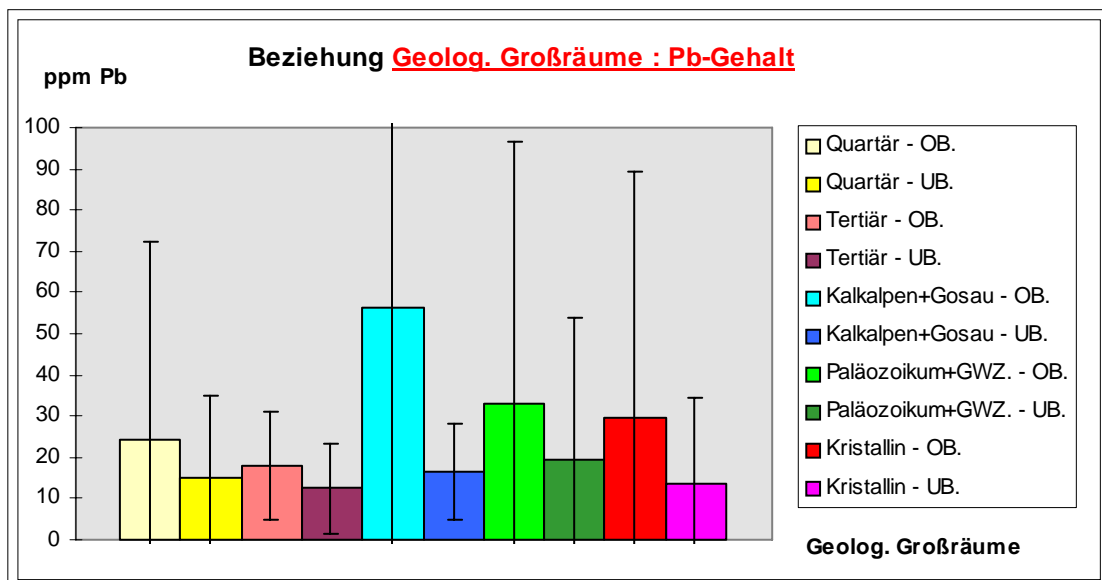
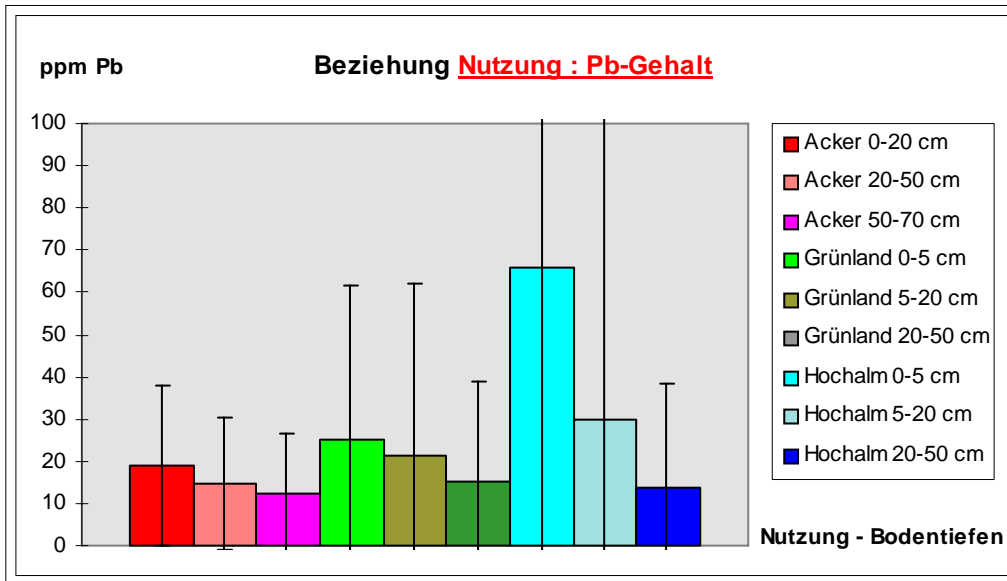
- Bei der Beziehung zum Bodentyp ist das Ergebnis ebenso statistisch unsicher, nur daß die Böden der Podsol- und der Reliktbodengruppe im Schnitt durch höhere Gehalte auffallen. Aber gerade dort ist das betrachtete Kollektiv zu klein, um signifikante Aussagen treffen zu können.

Statistische Datenanalyse: Blei

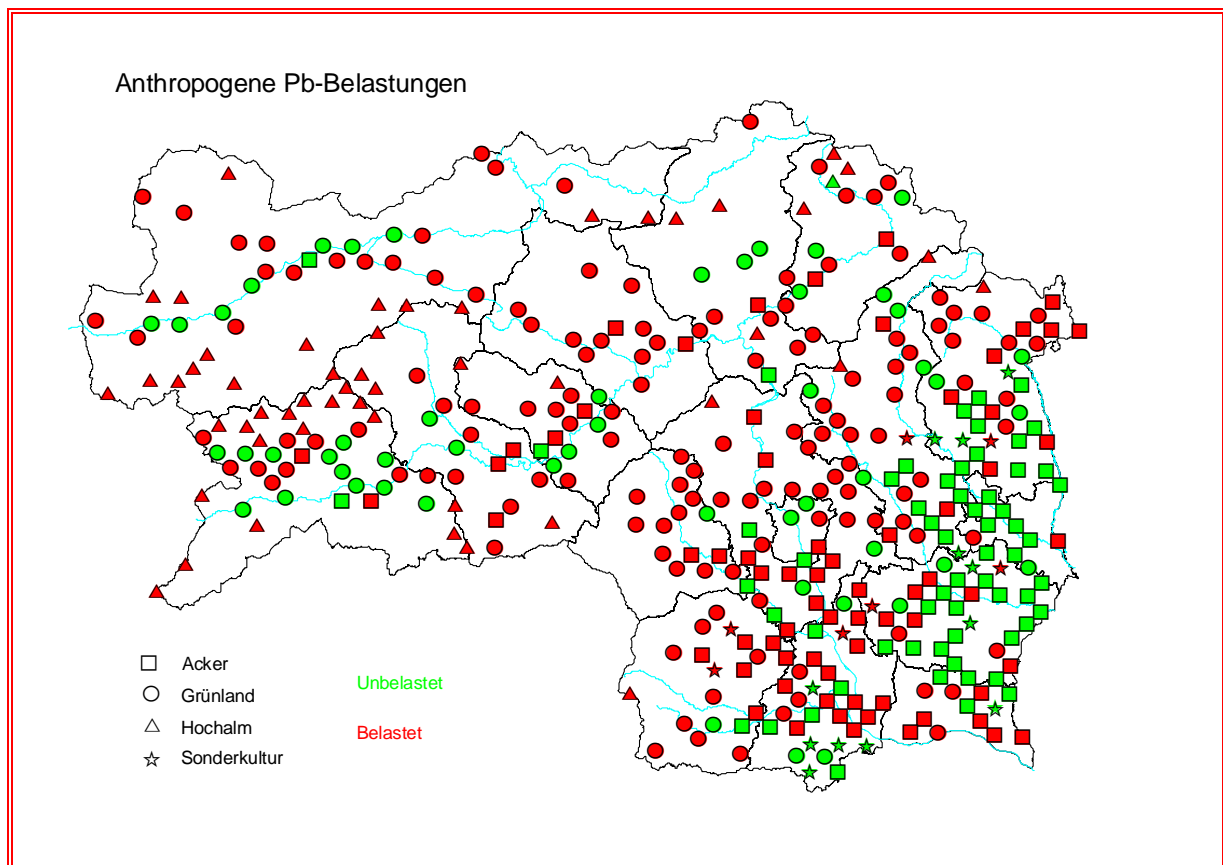
Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	19,00	18,87	9,1	92,8	21,07	135
Acker 20-50 cm	14,80	15,72	4,5	67,6	16,17	135
Acker 50-70 cm	12,40	13,92	4,3	56,2	13,70	126
Grünland 0-5 cm	25,33	36,31	9,5	208,3	28,94	186
Grünland 5-20 cm	21,35	40,87	7,0	257,9	24,73	186
Grünland 20-50 cm	15,30	23,38	3,6	84,9	18,06	179
Hochalm 0-5 cm	65,72	547,84	31,3	2019,0	121,68	52
Hochalm 5-20 cm	30,05	765,76	12,0	2788,0	99,42	52
Hochalm 20-50 cm	13,70	24,62	3,7	73,5	16,36	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	24,23	48,24	12,2	270,9	29,07	144
Quartär - UB.	15,00	19,74	4,5	68,8	17,17	137
Tertiär - OB.	18,00	13,29	9,2	52,1	19,50	103
Tertiär - UB.	12,50	11,00	4,3	46,0	13,00	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	56,53	923,36	20,1	2019,0	196,24	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	16,65	11,57	6,4	25,9	17,09	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	33,00	63,63	12,0	208,3	39,52	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	19,60	34,22	5,5	84,9	23,03	33
Kristallin - OB.	29,55	59,59	11,9	167,7	41,27	90
Kristallin - UB.	13,35	21,09	3,6	73,5	15,23	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	31,20	0,00	31,2	31,2	31,20	1
Aubodengruppe	27,45	32,43	12,9	92,8	30,52	28
Gleygruppe	18,90	10,34	12,2	32,5	20,12	43
Rendsina - Ranker	34,68	127,57	11,9	215,5	62,93	22
Braunerdegruppe	25,10	54,99	10,1	270,9	32,33	201
Podsolgruppe	71,30	71,67	35,4	167,7	82,26	13
Pseudogleygruppe	21,40	14,73	13,2	52,1	22,43	39
Reliktbodengruppe	65,83	1583,77	29,0	2019,0	412,55	6
Atypische Böden	17,80	23,18	9,2	69,5	21,82	39



Standorte mit vermutlich anthropogener Zusatzbelastung: **Blei**



Eine flächenhafte Abgrenzung der anthropogen beeinflussten Gebiete ist auf Grund der derzeit noch zu geringen Standortdichte nur sehr vage durchführbar.

Als eher **unbelastet** kann man in diesem Sinne große Teile der Oststeiermark bezeichnen.

Die restlichen Gebiete der Steiermark erscheinen eher **belastet**.



Hochalmstandort im kalkalpinen Bereich (Bezirk Liezen).

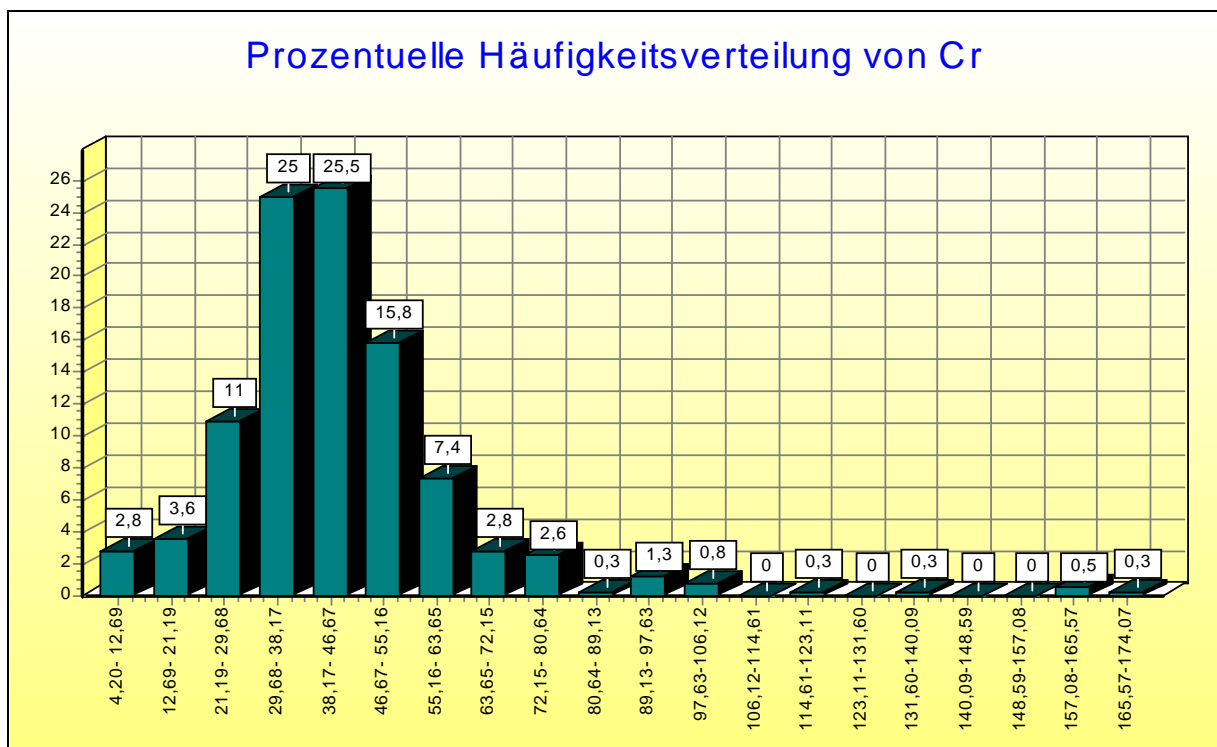
Chrom (Cr):

Allgemeines:

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

Untersuchungsergebnisse:

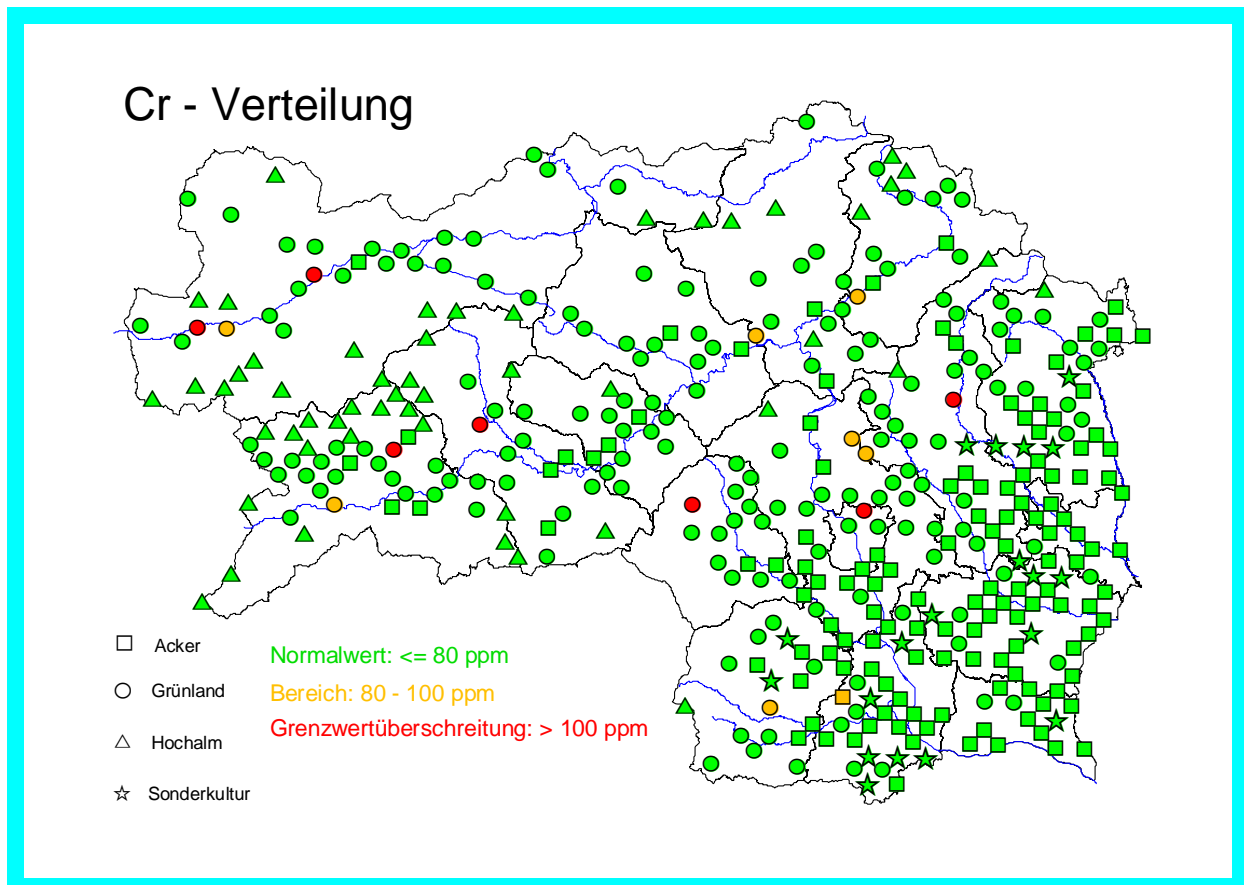
Häufigkeitsverteilung von Chrom im Oberboden:



Grenzwertüberschreitungen (Gehalte > 100 ppm) findet man nur in den Oberböden von 7 Standorten (WZC 1, JUA 10, MUA 5, VOB 2, GZA 3, LIG 4+9). Vier weitere Untersuchungsstandorte (LIC 2, MUD 4, BMB 8, LIH 3) weisen ausschließlich im Unterboden erhöhte Werte auf. Alle belasteten Standorte werden als Grünland genutzt, oder sind Hochalmen (MUD 4, LIH 3).

Alle mit Chrom belasteten Punkte - mit Ausnahme der Standorte MUD 4 und LIH 3 - weisen auch beim Element Nickel Grenzwertüberschreitungen auf, was eine enge mineralische Beziehung zwischen diesen beiden Metallen erkennen lässt.

Die Herkunft der erhöhten Schwermetallgehalte ist laut Profilanalyse meist geogen erklärbar. Nur an drei Standorten (WZC 1, JUA 10, GZA 3) ist zum geogenen Background eine zusätzliche anthropogene Beeinflussung festzustellen.



Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 80 ppm) findet man in den Oberböden von 15 Standorten. Laut Profilanalyse kann für 9 Punkte eine geogene Herkunft angenommen werden, an 6 Standorten ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß wahrscheinlich.

An 2 Punkten wird der Normalwert um mehr als das Doppelte überschritten.

96 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: ebenfalls 96 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Cr-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

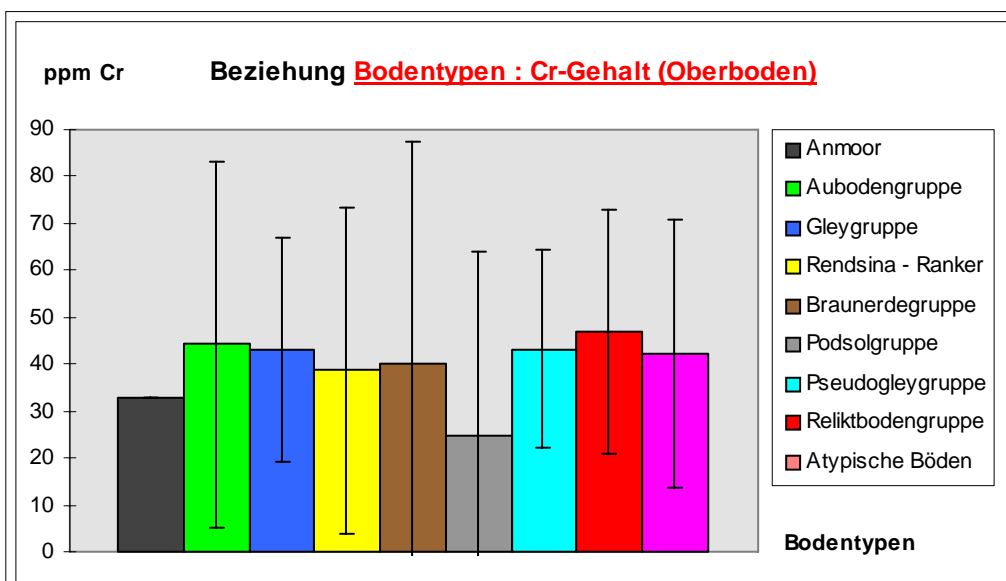
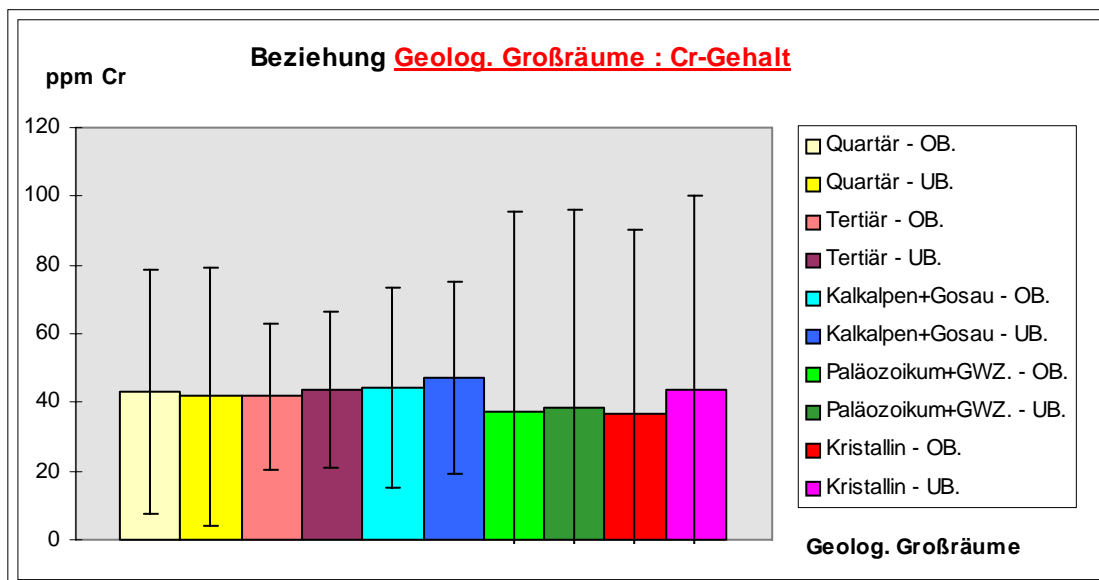
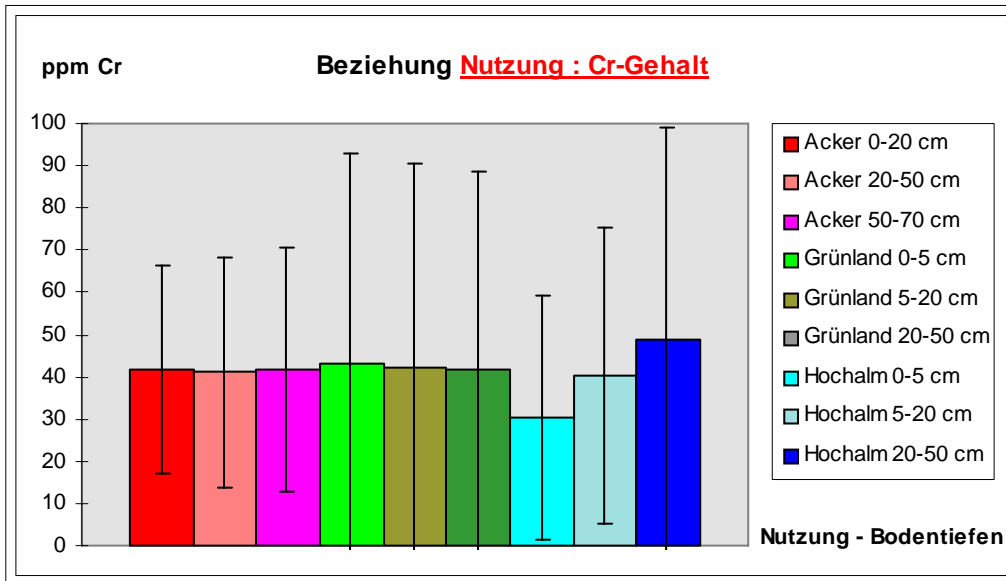
- An Grünland- und Ackerstandorten ist der Cr-Gehalt in allen Bodenhorizonten sehr einheitlich, bei Hochalmstandorten ist eine Steigerung zum Unterboden hin festzustellen. Beide Befunde weisen auf eine überwiegend geogene Herkunft hin.
- Hinsichtlich der geologischen Großräume zeigt sich ein sehr einheitliches Bild. Es ist keine Korrelation zwischen Cr-Gehalt und Geologie erkennbar.
- Auch bei der Beziehung zum Bodentyp sind keine statistisch signifikanten Korrelationen erkennbar.

Statistische Datenanalyse: Chrom

Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	41,60	24,62	14,4	80,4	42,48	135
Acker 20-50 cm	41,00	27,45	5,7	85,2	42,59	135
Acker 50-70 cm	41,70	28,83	14,5	88,4	42,89	126
Grünland 0-5 cm	43,15	49,54	7,5	174,1	47,67	186
Grünland 5-20 cm	42,20	48,42	4,0	160,5	46,57	186
Grünland 20-50 cm	41,70	46,94	6,0	171,3	45,40	179
Hochalm 0-5 cm	30,33	28,83	4,2	75,1	31,28	52
Hochalm 5-20 cm	40,35	35,14	2,0	105,6	42,08	52
Hochalm 20-50 cm	48,60	50,28	7,8	134,2	51,13	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	43,10	35,77	16,9	174,1	45,55	144
Quartär - UB.	41,80	37,59	13,6	171,3	44,71	137
Tertiär - OB.	41,75	21,33	17,2	80,4	41,80	103
Tertiär - UB.	43,50	22,62	17,4	76,1	42,71	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	44,33	29,31	15,2	74,8	44,13	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	47,15	28,09	29,2	72,9	47,80	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	37,10	58,70	12,4	122,7	46,57	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	38,60	57,39	7,8	135,5	45,21	33
Kristallin - OB.	36,56	53,85	4,2	164,4	40,82	90
Kristallin - UB.	43,75	56,29	6,0	134,2	47,21	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	32,65	0,00	32,7	32,7	32,65	1
Aubodengruppe	44,28	38,95	22,6	104,2	48,57	28
Gleygruppe	43,05	24,02	14,7	75,1	43,76	43
Rendsina - Ranker	38,75	34,74	4,2	69,3	37,62	22
Braunerdegruppe	40,00	47,57	7,1	174,1	45,13	201
Podsolgruppe	24,85	39,03	8,8	75,1	30,29	13
Pseudogleygruppe	43,10	21,13	12,5	61,3	40,32	39
Reliktbodengruppe	46,93	25,93	40,0	74,8	49,88	6
Atypische Böden	42,30	28,65	10,8	93,2	41,49	39



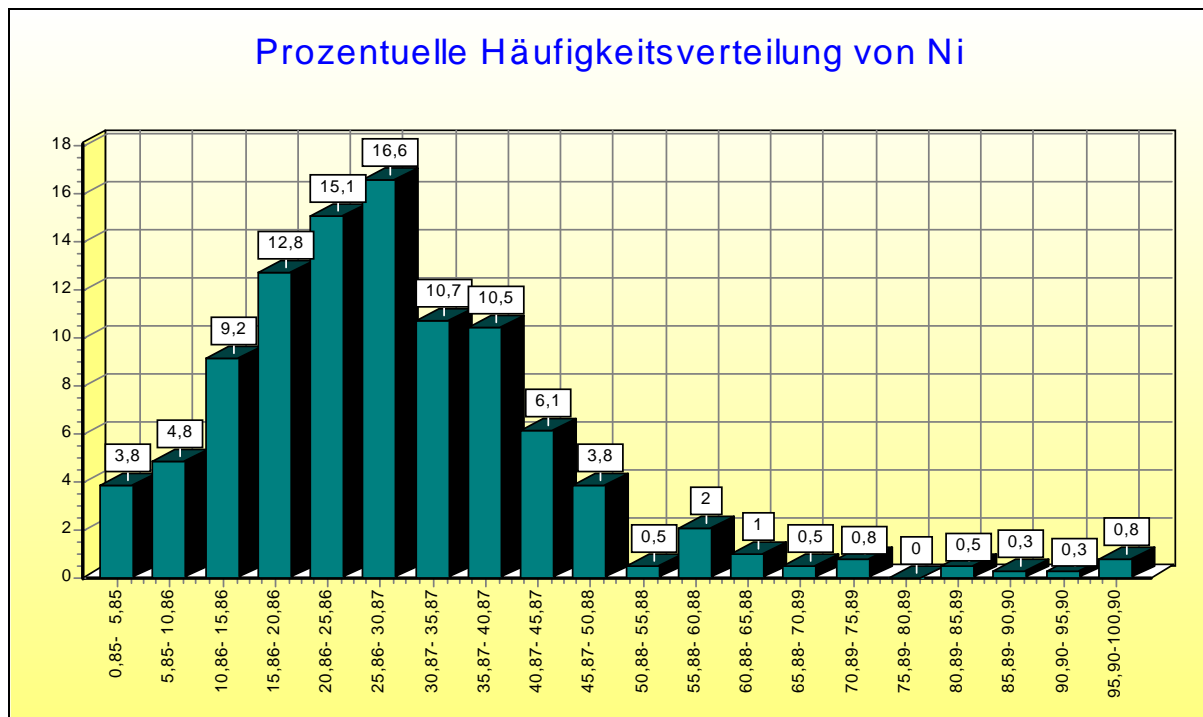
Nickel (Ni):

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:

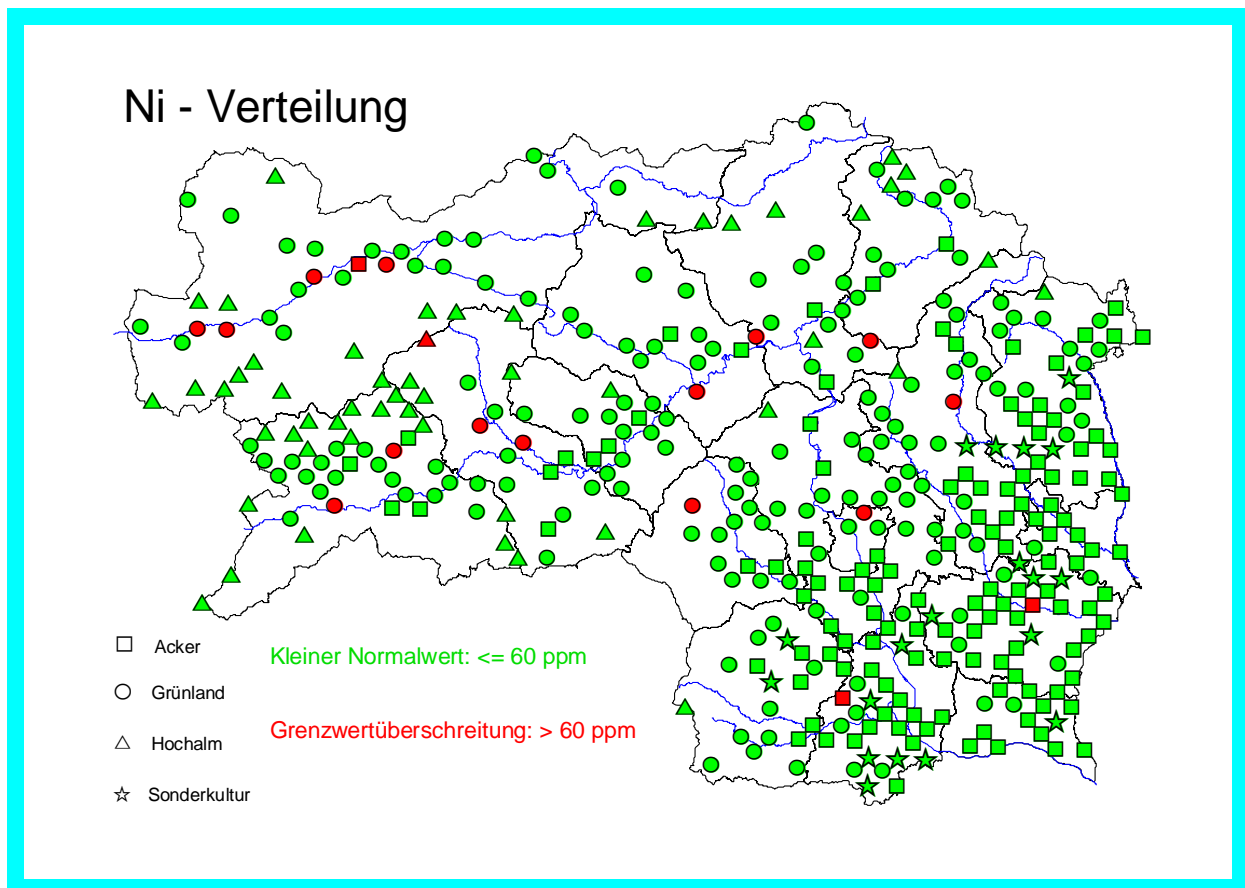
Häufigkeitsverteilung von Nickel im Oberboden:



Grenzwertüberschreitungen (Gehalte > 60 ppm) findet man nur in den Oberböden von 18 Standorten (LIC 2, WZC 1, JUA 10, JUB 2+3, MUA 5, MUC 7, LBB 1, FBA 6, VOB 2, LEA 6, BMA 3, GZA 3, BMB 8, LIF 3, LIG 2, 4+9). Neun weitere Untersuchungsstandorte (FFA 8, WZC 2, JUA 2, LBA 1, LEA 5+8, MZA 1, LIF 2, LIH 8) weisen ausschließlich im Unterboden erhöhte Werte auf.

Wie schon beim Chrom darauf hingewiesen, besteht eine enge mineralische Beziehung zum Nickel, sodaß belastete Standorte oft für beide Elemente gleichzeitig erhöhte Gehalte aufweisen.

Die Herkunft der erhöhten Schwermetallgehalte ist laut Profilanalyse an 20 Punkten geogen erklärbar. An sieben Standorten (LIC 2, LBB 1, FBA 6, VOB 2, LEA 6, GZA 3, BMB 8) ist zum geogenen Background eine zusätzliche anthropogene Beeinflussung festzustellen.



Beim Nickel sind Grenzwert und **Normalwert** identisch, was den für die Beurteilung optimalen Fall darstellt.

95 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: ebenfalls 95 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Ni-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

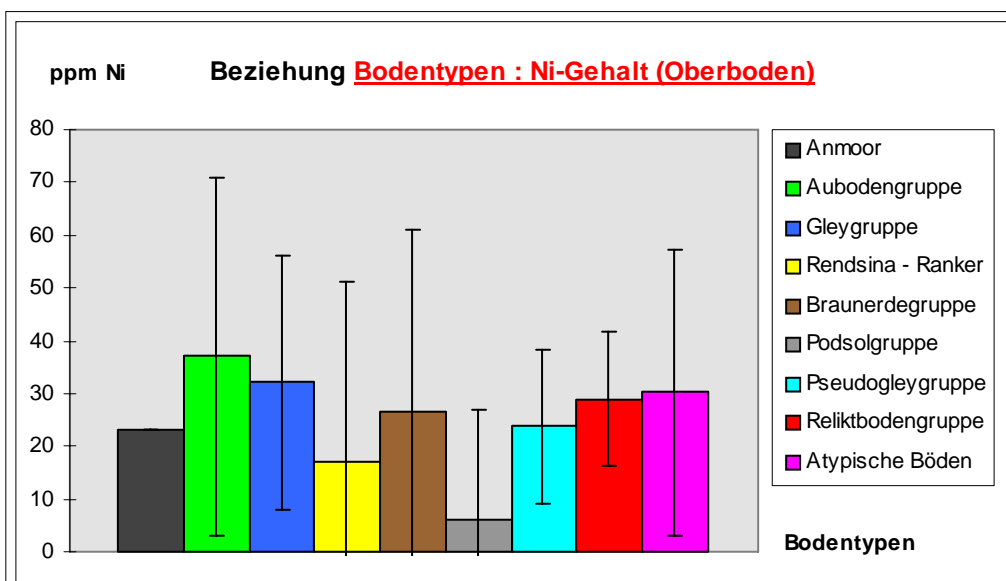
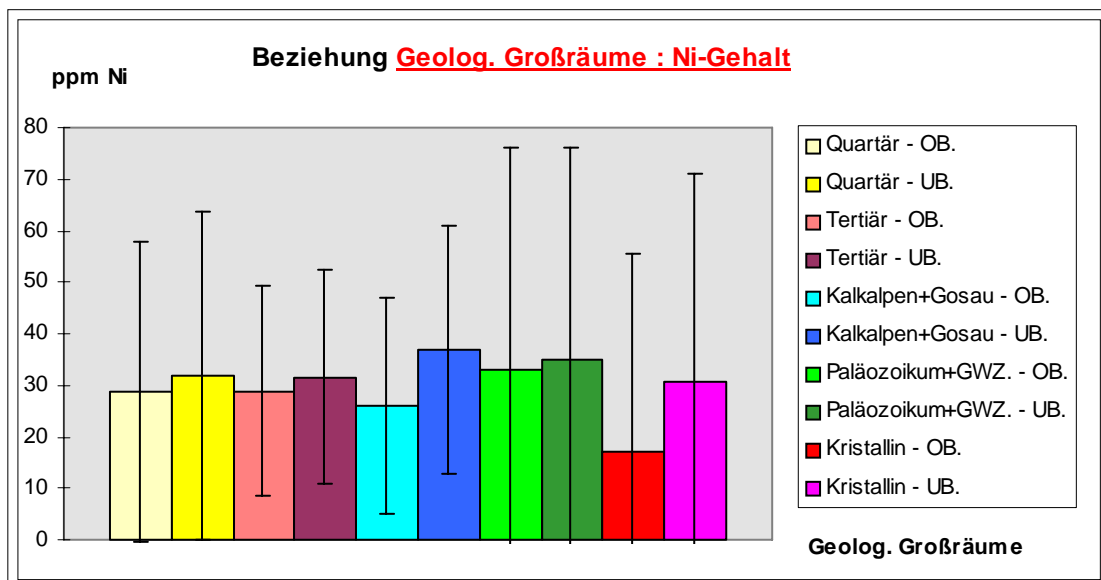
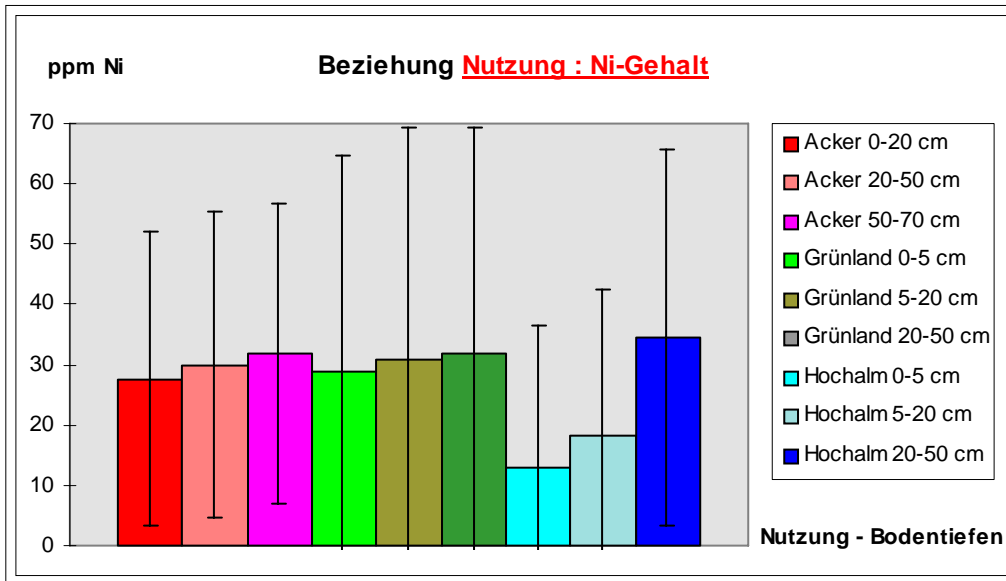
- An Grünland- und Ackerstandorten ist der Ni-Gehalt in allen Bodenhorizonten einheitlich (bzw. nach unten hin schwach steigend), bei Hochalmstandorten ist eine deutliche Steigerung zum Unterboden hin festzustellen. Beide Befunde weisen auf eine überwiegend geogene Herkunft hin.
- Hinsichtlich der geologischen Großräume erkennt man, daß die Oberböden des Kristallin niedrigere Durchschnittsgehalte aufweisen, als die übrigen Formationen. Weiters sieht man, daß die Oberböden einer geologischen Formation im Schnitt immer niedrigere Ni-Gehalte als die korrespondierenden Unterböden haben (Hinweis auf geogene Herkunft).
- Bei der Beziehung zum Bodentyp erkennt man, daß die Böden der Podsolgruppe die niedrigsten Gehalte aufweisen. Aber gerade dort ist das betrachtete Kollektiv zu klein, um signifikante Aussagen treffen zu können.

Statistische Datenanalyse: Nickel

Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	27,60	24,34	7,4	73,8	29,92	135
Acker 20-50 cm	30,00	25,47	5,3	72,6	31,93	135
Acker 50-70 cm	31,75	24,90	10,6	71,7	32,76	126
Grünland 0-5 cm	29,00	35,55	1,1	100,9	32,36	186
Grünland 5-20 cm	30,85	38,60	0,9	118,2	34,38	186
Grünland 20-50 cm	31,80	37,48	1,3	117,0	35,47	179
Hochalm 0-5 cm	13,10	23,29	0,8	61,2	15,35	52
Hochalm 5-20 cm	18,15	24,47	1,3	69,8	20,29	52
Hochalm 20-50 cm	34,50	31,08	1,7	63,3	33,42	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	28,83	29,09	7,3	99,5	31,82	144
Quartär - UB.	31,80	31,87	8,9	117,0	34,19	137
Tertiär - OB.	28,75	20,38	7,4	60,6	28,93	103
Tertiär - UB.	31,60	20,75	8,2	59,4	32,99	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	25,98	21,09	7,0	41,8	24,98	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	36,95	24,13	23,2	63,3	37,42	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	32,90	43,08	2,1	83,4	36,47	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	35,00	41,26	8,7	87,4	41,48	33
Kristallin - OB.	17,20	38,45	0,9	100,9	22,64	90
Kristallin - UB.	30,70	40,39	1,3	104,8	31,64	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	22,95	0,00	23,0	23,0	22,95	1
Aubodengruppe	37,13	33,96	16,8	90,6	38,36	28
Gleygruppe	32,05	23,96	9,5	72,6	31,43	43
Rendsina - Ranker	17,15	33,95	0,9	57,9	22,93	22
Braunerdegruppe	26,65	34,51	1,3	100,9	29,87	201
Podsolgruppe	5,90	21,17	2,7	39,3	10,87	13
Pseudogleygruppe	23,85	14,61	7,4	36,5	23,29	39
Reliktbodengruppe	28,90	12,71	25,1	41,8	30,46	6
Atypische Böden	30,20	27,23	1,1	73,5	31,04	39



Kobalt (Co):

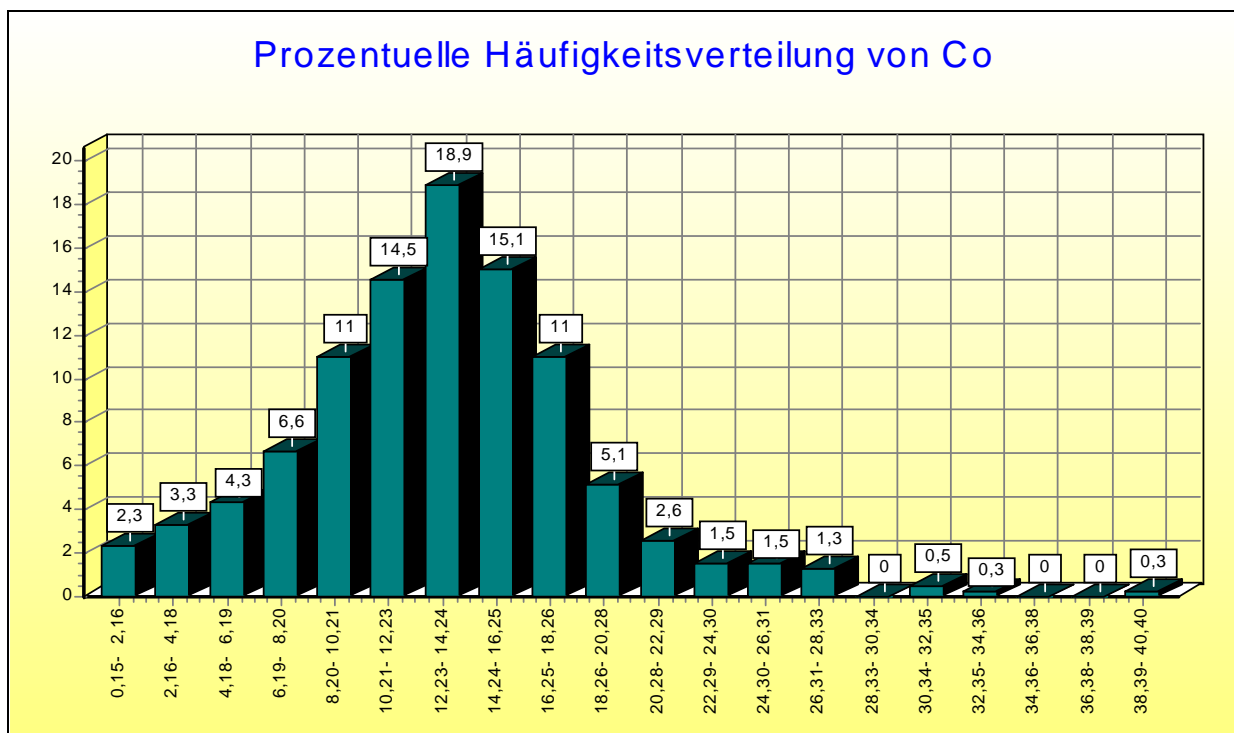
Allgemeines:

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:

Häufigkeitsverteilung von Kobalt im Oberboden:

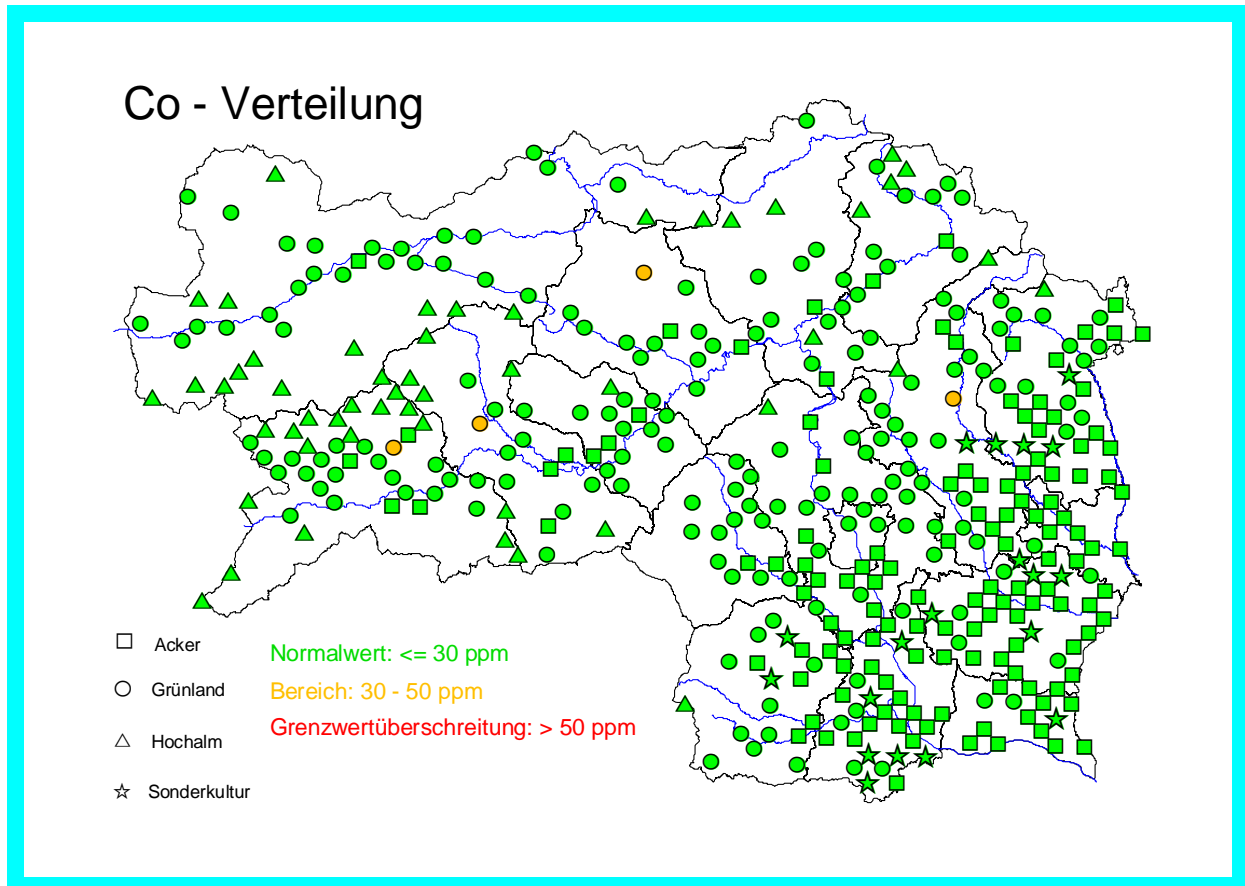


Keiner der untersuchten Standorte weist **Grenzwertüberschreitungen** (Gehalte > 50 ppm) im Oberboden auf. Nur im Unterboden des Grünlandstandortes LEA 8 findet man geringfügig erhöhte Werte.

Die Herkunft des erhöhten Schwermetallgehaltes ist überwiegend geogen erklärbar.

Kobaltarme Böden mit einem Gehalt von weniger als 5 mg/kg im Oberboden findet man an 32 Standorten, wobei es sich meist um für die landwirtschaftliche Produktion unbedeutende Hochalmflächen handelt. Der Punkt HBC 5 wird als Sonderkultur (Obst) genutzt und ist daher ebenfalls nicht relevant. An den 8 Grünlandstandorten

HBA 11, HBB 1+11, HBC 1, WZB 6+7, KNB 3 und MZA 3 jedoch könnte es zu einem Kobaltmangel im Weidefutter kommen. Bei entsprechenden Hinweisen darauf ist eine Pflanzenanalyse notwendig.



Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 30 ppm) findet man in den Oberböden von vier Grünlandstandorten. Laut Profilanalyse kann für 2 Punkte eine geogene Herkunft angenommen werden, an 2 Standorten ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß möglich.

99 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: ebenfalls 99 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Co-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

- An Grünland- und Ackerstandorten ist der Co-Gehalt in allen Bodenhorizonten einheitlich (bzw. nach unten hin schwach steigend), bei Hochalmstandorten ist eine deutlichere Steigerung zum Unterboden hin festzustellen. Beide Befunde weisen auf eine überwiegend geogene Herkunft hin.
- Hinsichtlich der geologischen Großräume erkennt man, daß die Oberböden des Kristallin und der Kalkalpen niedrigere Durchschnittsgehalte aufweisen, als die übrigen Formationen. Weiters sieht man, daß die Oberböden einer geologischen Formation im Schnitt immer niedrigere Ni-Gehalte als die korrespondierenden Unterböden haben (Hinweis auf geogene Herkunft).

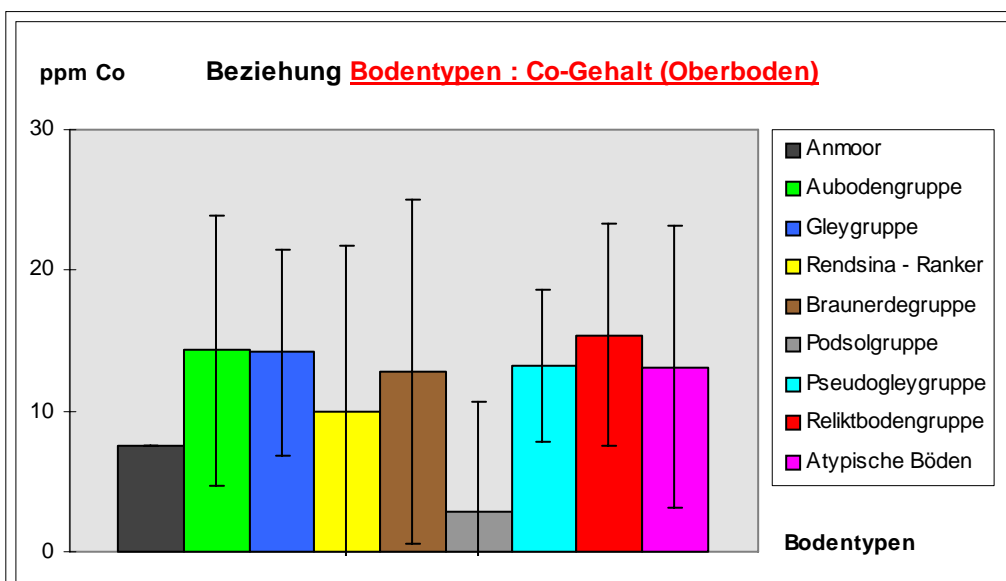
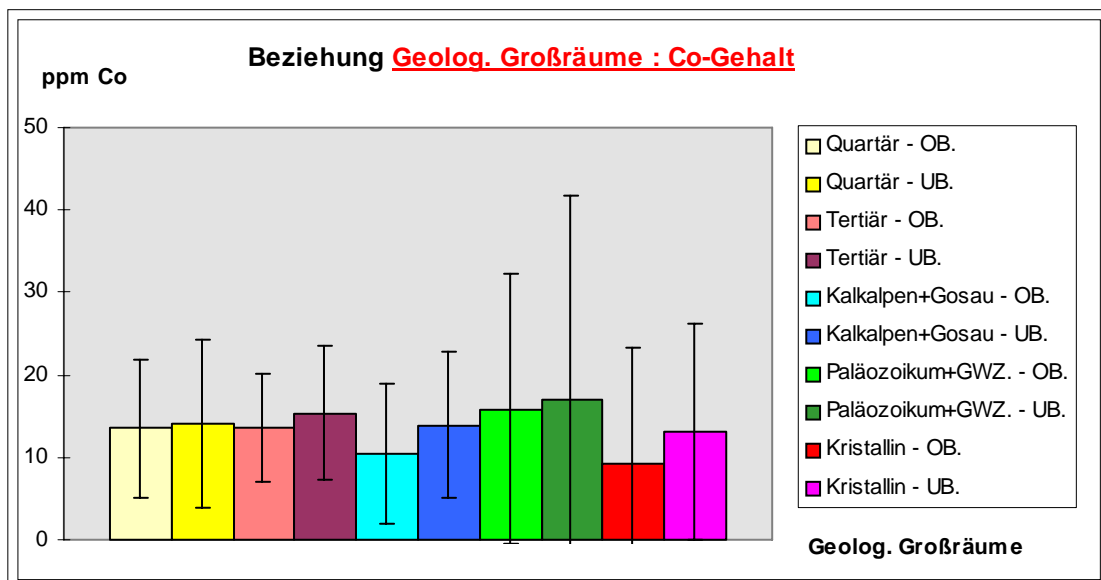
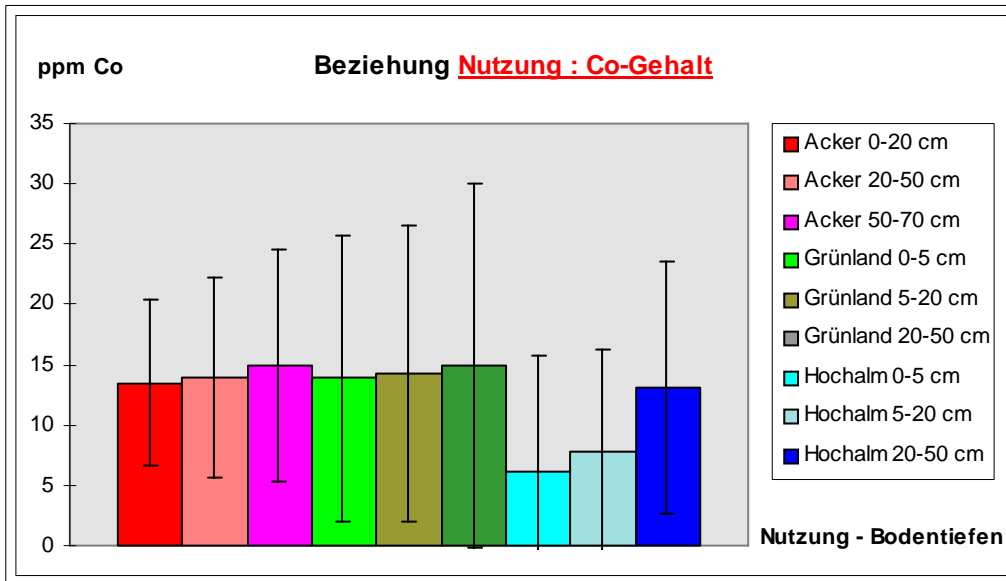
- Bei der Beziehung zum Bodentyp erkennt man, daß die Böden der Podsolgruppe die niedrigsten Gehalte aufweisen. Aber gerade dort ist das betrachtete Kollektiv zu klein, um signifikante Aussagen treffen zu können.

Statistische Datenanalyse: Kobalt

Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	13,50	6,93	6,9	24,8	13,70	135
Acker 20-50 cm	13,90	8,30	3,8	27,4	14,14	135
Acker 50-70 cm	14,90	9,58	1,4	35,5	14,77	126
Grünland 0-5 cm	13,93	11,86	1,4	40,4	14,46	186
Grünland 5-20 cm	14,20	12,27	1,9	38,8	14,87	186
Grünland 20-50 cm	14,90	15,13	1,0	70,8	15,50	179
Hochalm 0-5 cm	6,15	9,54	0,2	23,1	6,72	52
Hochalm 5-20 cm	7,85	8,34	0,7	23,7	8,82	52
Hochalm 20-50 cm	13,10	10,47	2,8	27,7	13,45	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	13,48	8,36	3,9	27,7	13,88	144
Quartär - UB.	14,10	10,22	1,0	28,6	14,59	137
Tertiär - OB.	13,60	6,44	3,5	26,7	13,64	103
Tertiär - UB.	15,40	8,20	3,3	35,5	15,12	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	10,40	8,53	3,1	16,5	10,16	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	13,90	8,84	5,6	18,7	12,68	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	15,85	16,33	1,6	31,1	16,64	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	17,00	24,66	4,2	70,8	19,87	33
Kristallin - OB.	9,13	14,27	0,2	40,4	10,42	90
Kristallin - UB.	13,15	13,08	1,5	34,6	13,73	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	7,55	0,00	7,6	7,6	7,55	1
Aubodengruppe	14,30	9,58	6,9	24,8	14,62	28
Gleygruppe	14,15	7,35	4,9	20,1	14,18	43
Rendsina - Ranker	9,93	11,83	1,0	22,2	10,69	22
Braunerdegruppe	12,85	12,22	1,4	40,4	13,40	201
Podsolgruppe	2,85	7,77	0,2	14,8	4,50	13
Pseudogleygruppe	13,25	5,44	7,6	19,6	13,07	39
Reliktbodengruppe	15,38	7,88	11,6	22,1	15,78	6
Atypische Böden	13,10	10,01	1,5	27,8	13,39	39



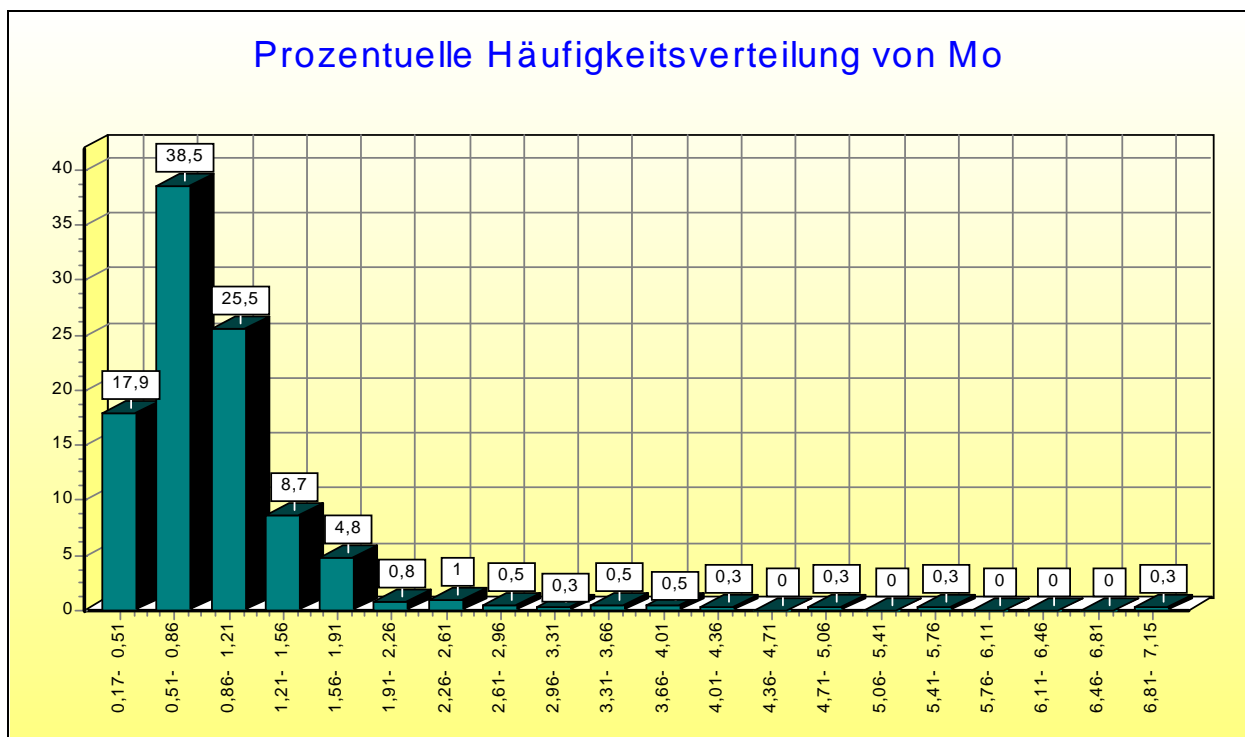
Molybdän (Mo):

Allgemeines:

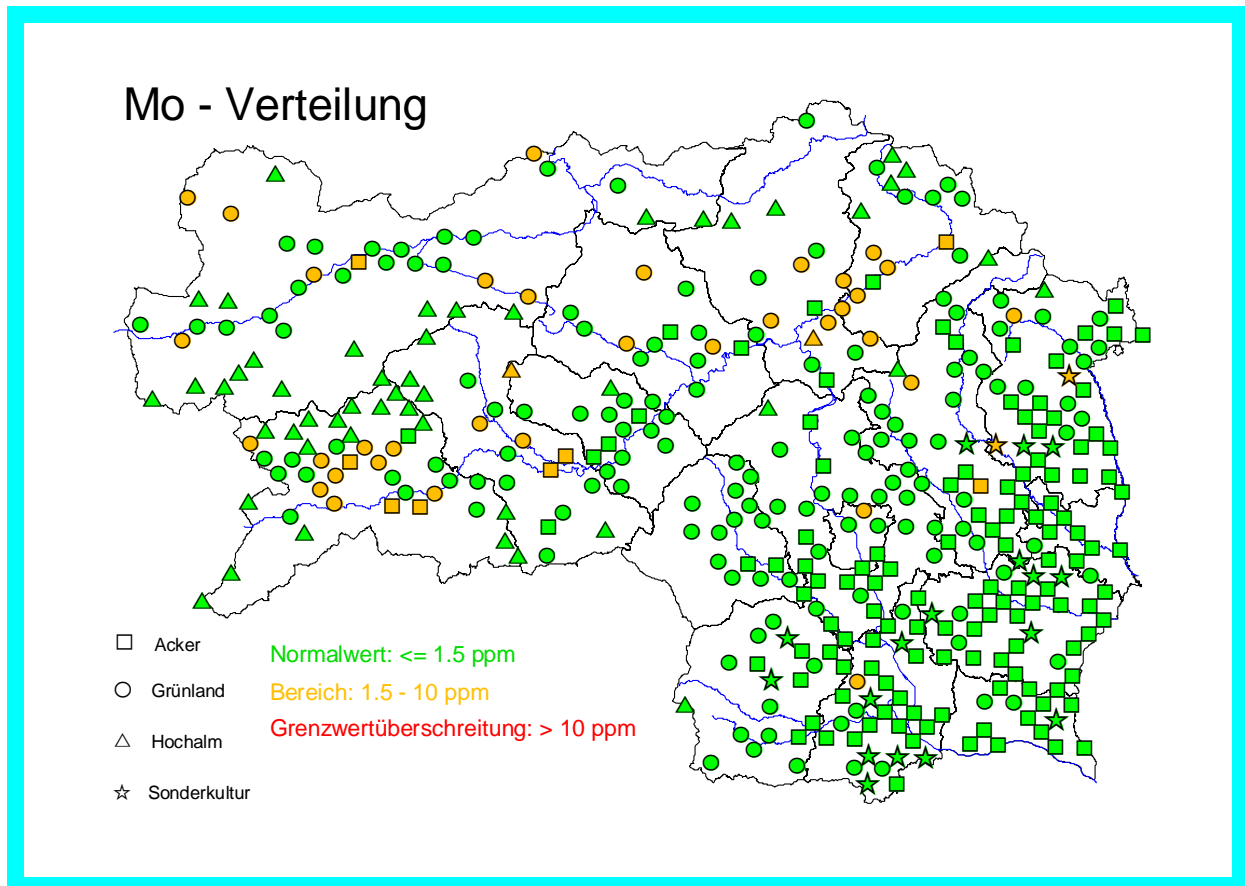
Das für Pflanzen, Tiere und Menschen lebensnotwendige Schwermetall Molybdän ist weit verbreitet und wird im Boden als Molybdat-Anion freigesetzt. Seine Verfügbarkeit steigt mit höherem pH-Wert, sodaß sich eine Kalkung saurer Böden bei Molybdänmangel positiv auswirkt. Der Molybdängehalt in Pflanzen liegt 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:

Häufigkeitsverteilung von Molybdän im Oberboden:



Keiner der untersuchten Standorte weist **Grenzwertüberschreitungen** (Gehalte > 10 ppm) im Oberboden auf. Es wurden auch keine erhöhten Werte im Unterboden festgestellt.



Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte $> 1,5$ ppm) findet man in den Oberböden von 46 Standorten. Laut Profilanalyse kann für 15 Punkte eine geogene Herkunft angenommen werden, an 31 Standorten ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß wahrscheinlich.

Dieses Ergebnis weist Molybdän eine dem Zink vergleichbare Umweltrelevanz aus. An 9 Punkten wird der Normalwert um mehr als das Doppelte überschritten.

88 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: 91 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Mo-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

- An Grünland- und Ackerstandorten nimmt der Mo-Gehalt vom Ober- zum Unterboden hin leicht ab (Hinweis auf anthropogene Einflüsse).
- Hinsichtlich der geologischen Großräume ist aufgrund der Streuungen keine statistisch sichere Auffälligkeit abzuleiten. Erwähnenswert ist aber, daß die 5 höchstbelasteten Standorte (WZC 2, MUA 5, MUC 7, LEA 8, BMA 3) alle der Gruppe der Felsbraunerden aus paläozoischen Phylliten angehören.

Die Durchschnittsgehalte der Oberböden einer geologischen Formation weisen (schwach ausgeprägt) immer höhere Mo-Gehalte als die korrespondierenden Unterböden auf (Hinweis auf anthropogene Einflüsse). Der Großteil des Molybdän dürfte aber geogener Herkunft sein; anthropogene Zusatzbelastungen sind aber gebietsweise möglich.

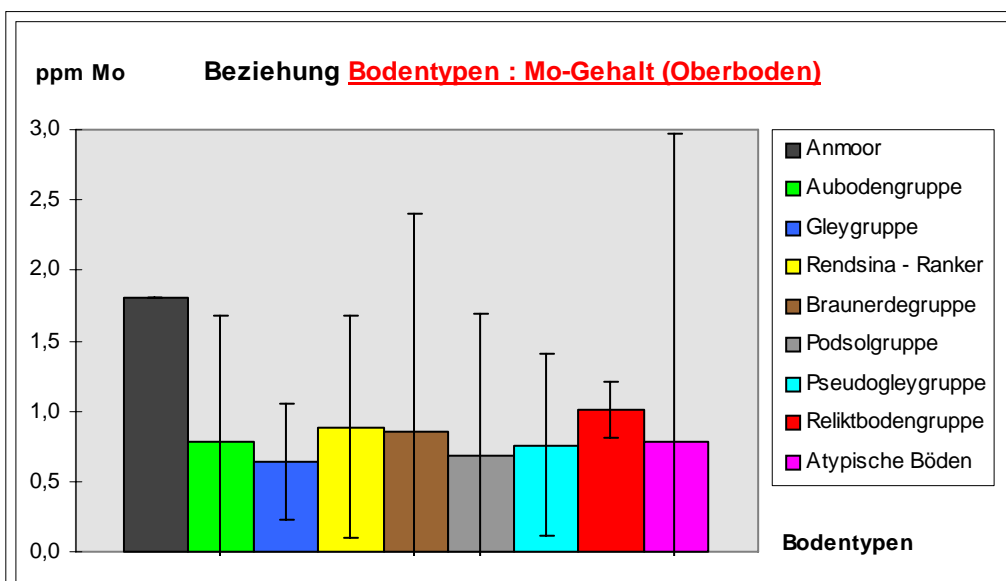
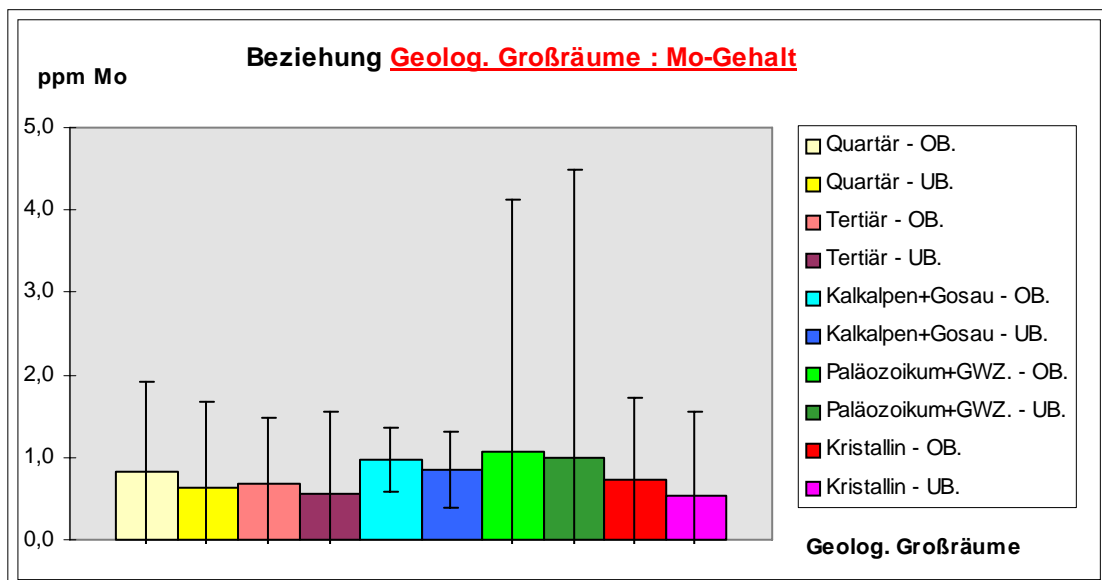
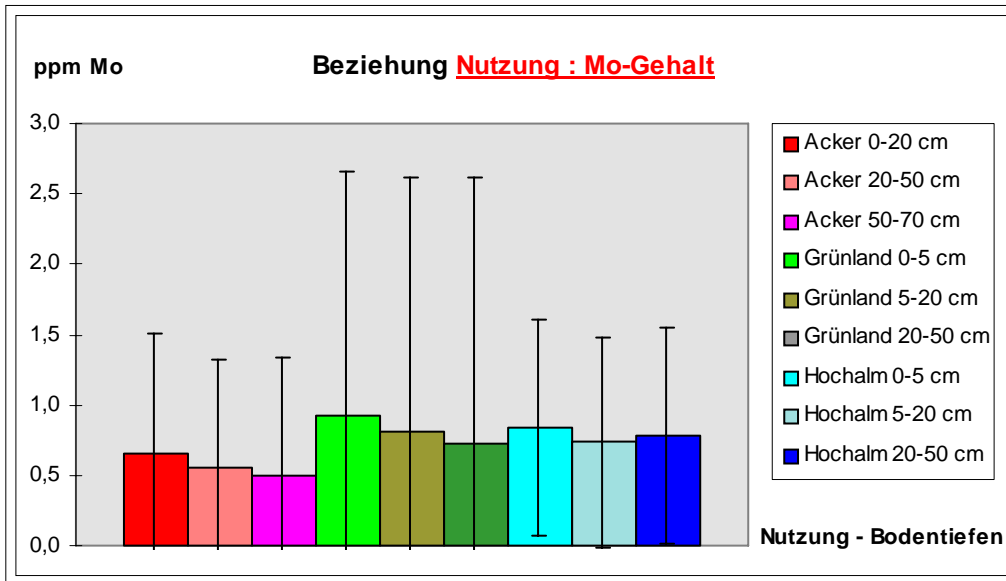
- Bei der Beziehung zum Bodentyp ist das Ergebnis ebenso statistisch uneindeutig.

Statistische Datenanalyse: Molybdän

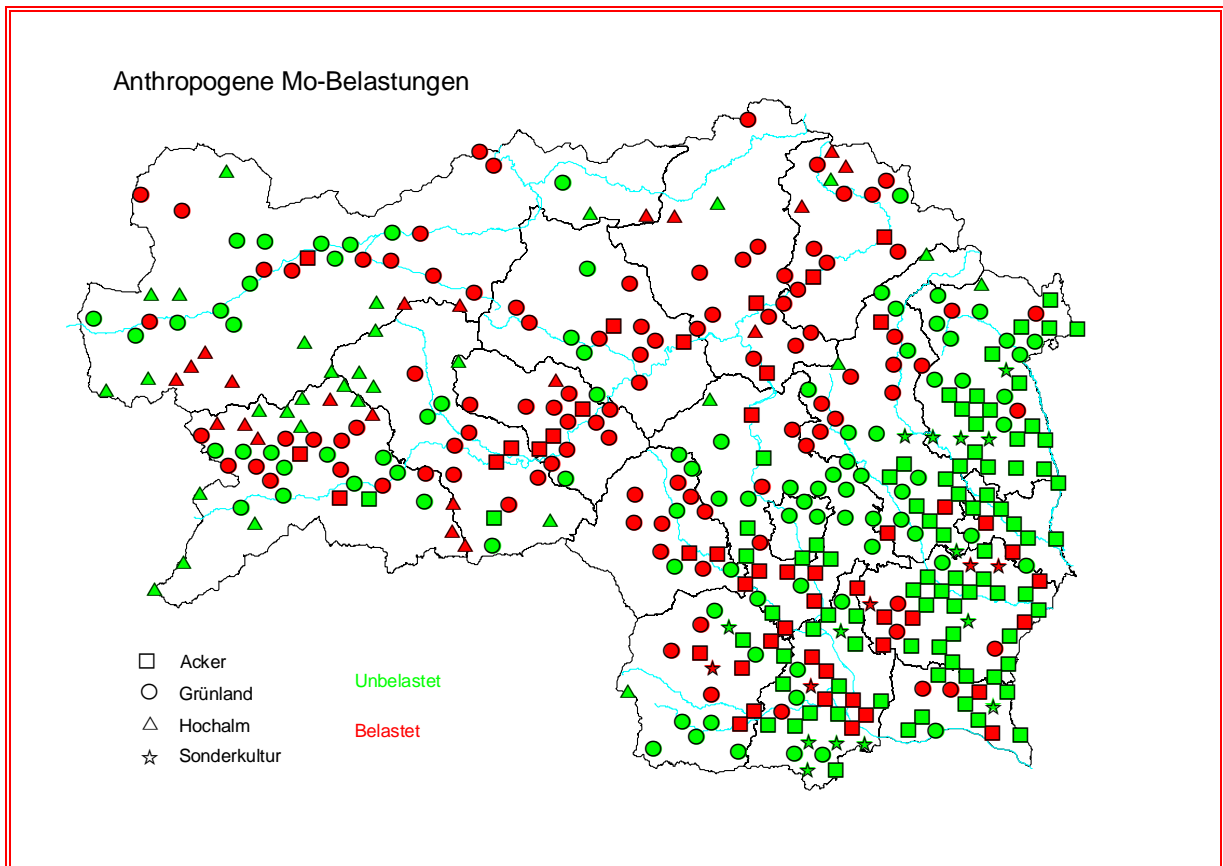
Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	0,66	0,85	0,2	3,5	0,74	135
Acker 20-50 cm	0,56	0,76	0,1	3,6	0,63	135
Acker 50-70 cm	0,50	0,83	0,2	3,9	0,58	126
Grünland 0-5 cm	0,92	1,75	0,2	7,2	1,13	186
Grünland 5-20 cm	0,81	1,82	0,1	7,9	1,01	186
Grünland 20-50 cm	0,73	1,89	0,1	8,3	0,94	179
Hochalm 0-5 cm	0,84	0,77	0,3	2,4	0,89	52
Hochalm 5-20 cm	0,74	0,74	0,2	2,3	0,78	52
Hochalm 20-50 cm	0,78	0,76	0,2	1,5	0,78	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	0,82	1,09	0,3	3,7	0,96	144
Quartär - UB.	0,62	1,05	0,2	4,1	0,75	137
Tertiär - OB.	0,68	0,79	0,2	2,6	0,74	103
Tertiär - UB.	0,56	1,00	0,1	3,9	0,67	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	0,98	0,38	0,7	1,4	0,98	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	0,84	0,46	0,5	1,2	0,83	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	1,07	3,05	0,5	7,2	1,71	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	0,99	3,51	0,1	8,3	1,61	33
Kristallin - OB.	0,74	0,98	0,2	3,0	0,86	90
Kristallin - UB.	0,54	1,01	0,1	2,8	0,70	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	1,80	0,00	1,8	1,8	1,80	1
Aubodengruppe	0,78	0,90	0,4	2,3	0,91	28
Gleygruppe	0,64	0,41	0,4	1,3	0,68	43
Rendsina - Ranker	0,89	0,79	0,2	1,6	0,92	22
Braunerdegruppe	0,86	1,55	0,3	5,6	1,05	201
Podsolgruppe	0,68	1,01	0,5	2,4	0,85	13
Pseudogleygruppe	0,76	0,65	0,2	1,6	0,75	39
Reliktbodengruppe	1,01	0,20	0,9	1,1	0,99	6
Atypische Böden	0,78	2,19	0,2	7,2	0,98	39



Standorte mit vermutlich anthropogener Zusatzbelastung: **Molybdän**



Eine flächenhafte Abgrenzung der anthropogen beeinflussten Gebiete ist auf Grund der derzeit noch zu geringen Standortdichte nur sehr vage durchführbar.

Als eher **unbelastet** kann man in diesem Sinne große Teile der Oststeiermark bezeichnen.

Als eher **belastet** erscheinen die traditionellen Industriegebiete um Leoben und Bruck/Mur, sowie der Raum Aichfeld.

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 mg 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.

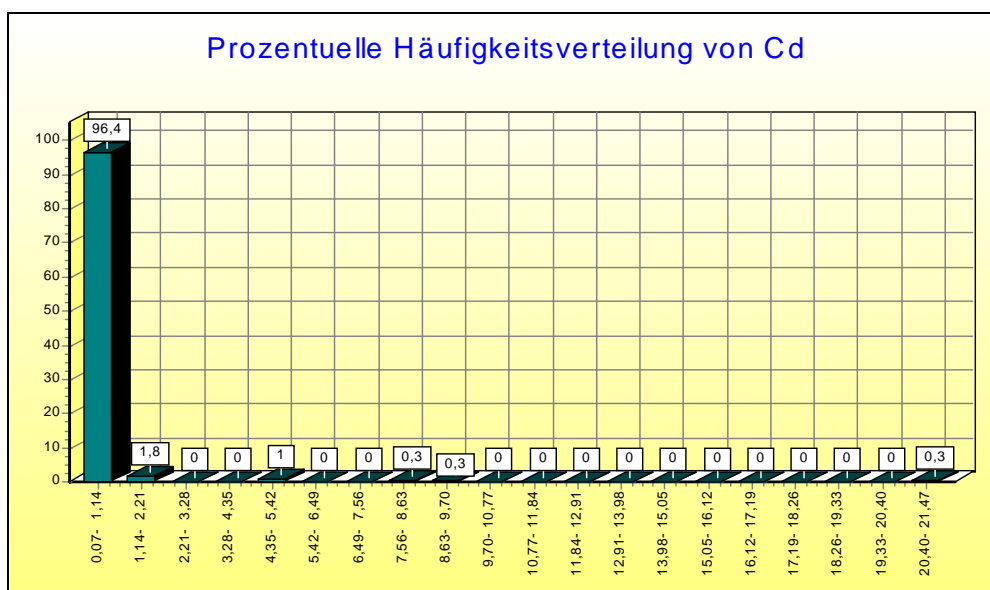
Toxische Wirkungen auf Pflanzen hängen stark von der Pflanzenart ab, treten aber meist erst bei höheren Konzentrationen im Boden auf. So wurden in Vegetationsversuchen erst ab 5 mg Cd / kg Boden und etwa 10 mg Cd / kg Pflanzen Ertragsminderungen festgestellt. Dabei ist aber die verstärkende Wirkung durch 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 Cadmиеintrag in Böden sind die metallverarbeitende Industrie, der Kfz-Verkehr, Feuerungs- und Müllverbrennungsanlagen, sowie die Aufbringung von Klärschlamm und Phosphatdüngern.

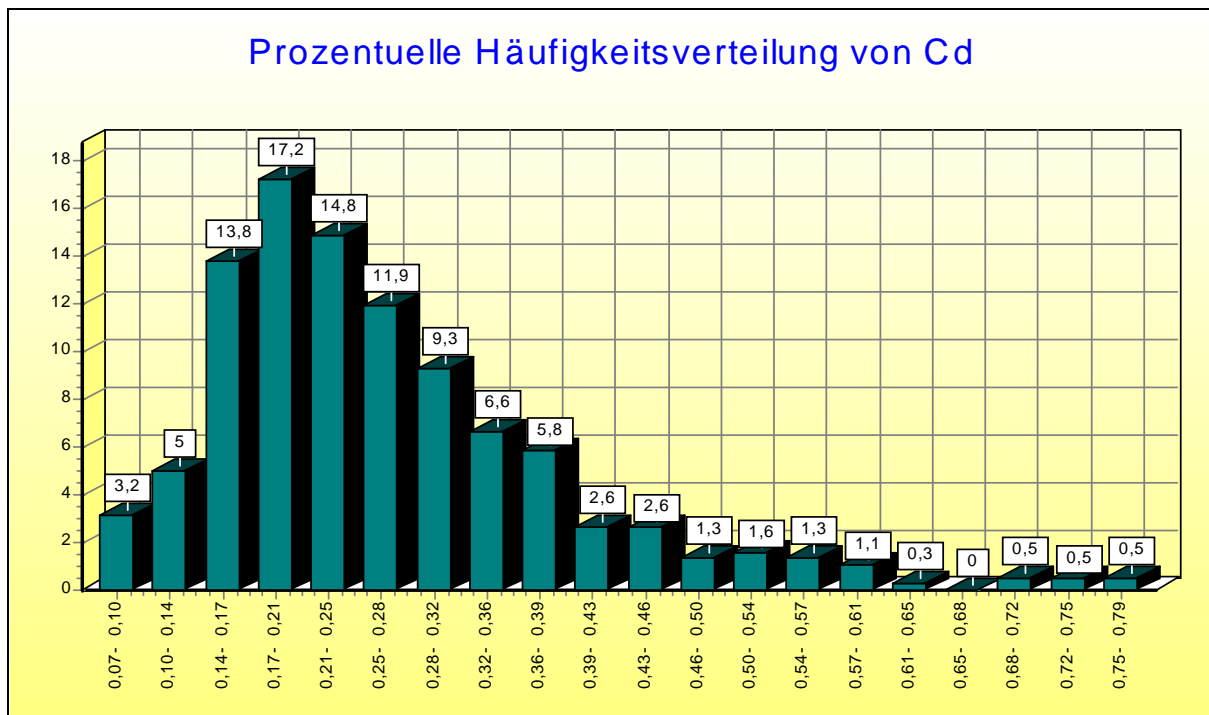
Untersuchungsergebnisse:

Häufigkeitsverteilung von Cadmium im Oberboden (Gesamtbereich):



Man erkennt, daß ein extrem belasteter Standort existiert - der Großteil der Punkte aber liegt im Gehaltsbereich unter 1 ppm.

Häufigkeitsverteilung von Cadmium im Oberboden (Bereich 0-1 ppm):



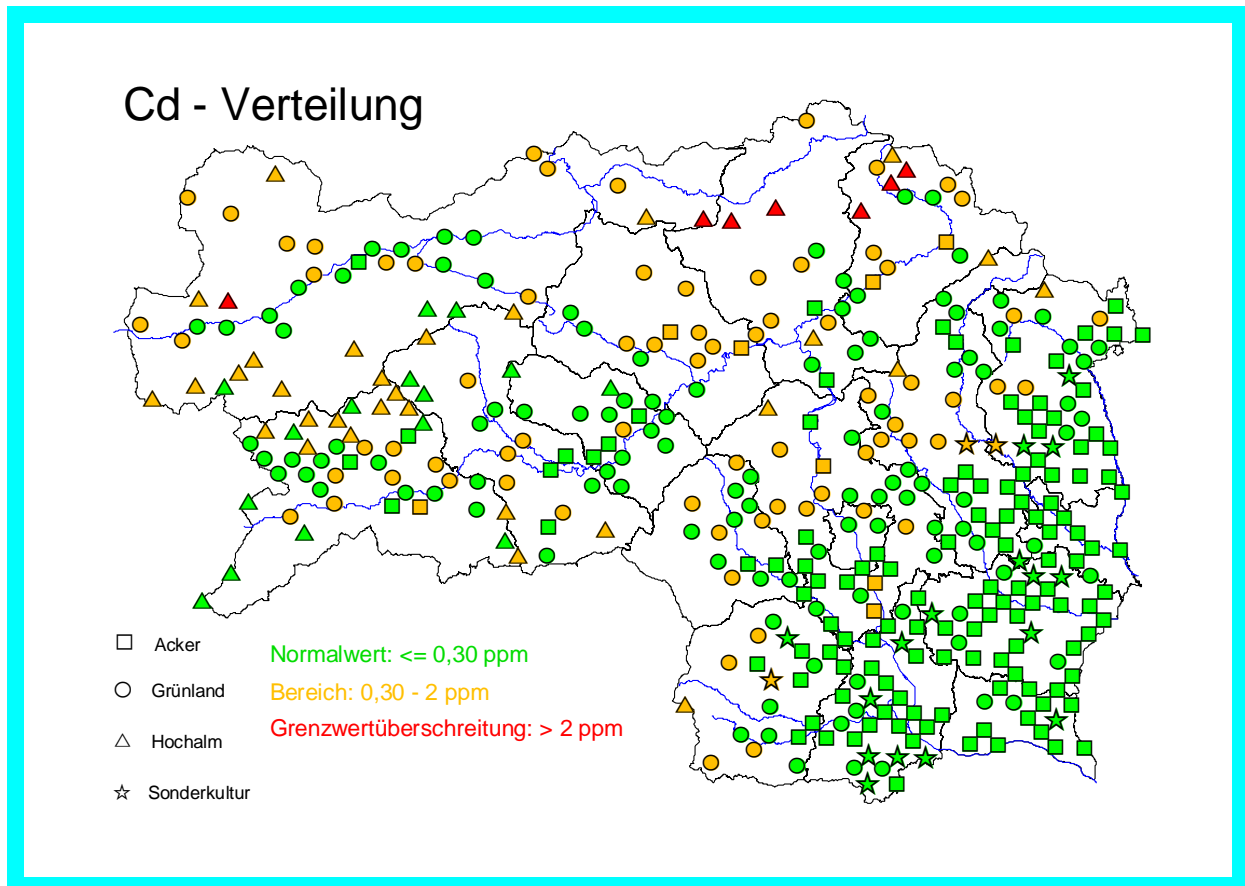
Grenzwertüberschreitungen (Gehalte > 2 ppm) findet man nur in den Oberböden von 7 Hochalmstandorten (MZA 7+8, MZB 2, BMB 4+5, LIG 5+6). Zwei weitere Untersuchungsstandorte (MZA 5, LIH 8) weisen ausschließlich im Unterboden erhöhte Werte auf. Alle Standorte befinden sich im kalkalpinen Einflußbereich.

Die Herkunft der erhöhten Schwermetallgehalte ist laut Profilanalyse nur an den Punkten MZA 5+8 und LIH 8 als überwiegend geogen erklärbar. An allen übrigen Standorten ist zum geogenen Background eine zusätzliche anthropogene Beeinflussung festzustellen.

Auffallend ist die Häufung von Grenzwertüberschreitungen an den Hochalmstandorten im Bereich der Schnealpe, Veitsch und Hochschwab, wobei der Standort MZA 8 durch besonders hohe Gehalte über 20 ppm Cd heraussticht. Das Belastungsbild deckt sich in dieser Region weitgehend mit dem des Zink und Blei.

Alle Grenzwertüberschreitungen befinden sich auf Hochalmflächen. In dieser sensiblen Region dürfte es also besonders häufig zu einem Zusammentreffen von erhöhten geogenen Gehalten mit Umweltbelastungen kommen.

Cadmium ist daher neben Blei der Schadstoff mit der größten Umweltrelevanz !



Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte $> 0,3$ ppm) findet man in den Oberböden von 126 Standorten. Laut Profilanalyse kann nur für 13 Punkte eine geogene Herkunft angenommen werden, an 113 Standorten ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß wahrscheinlich.

An 21 Punkten wird der Normalwert um mehr als das Doppelte überschritten.

Nur 68 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: 83 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Cd-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

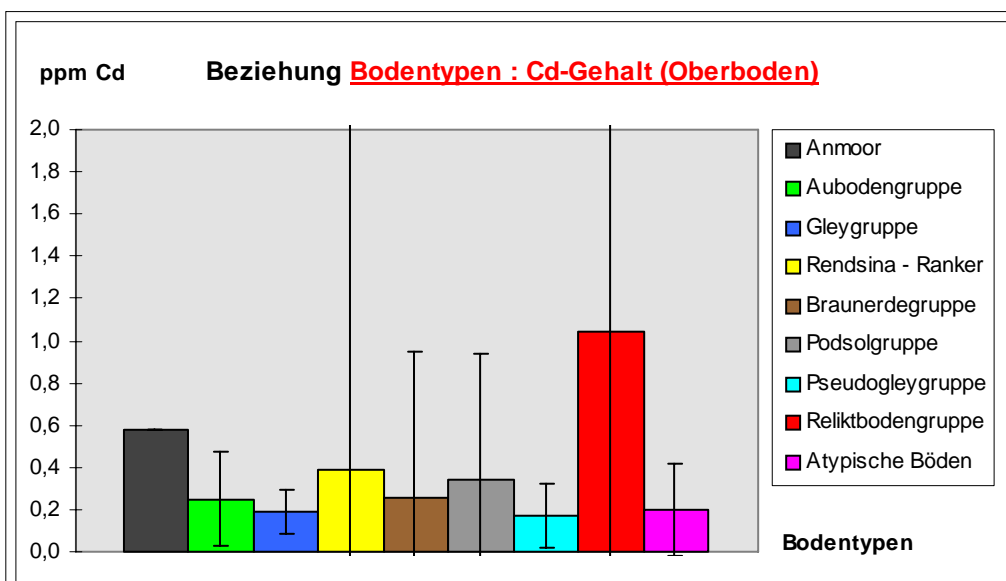
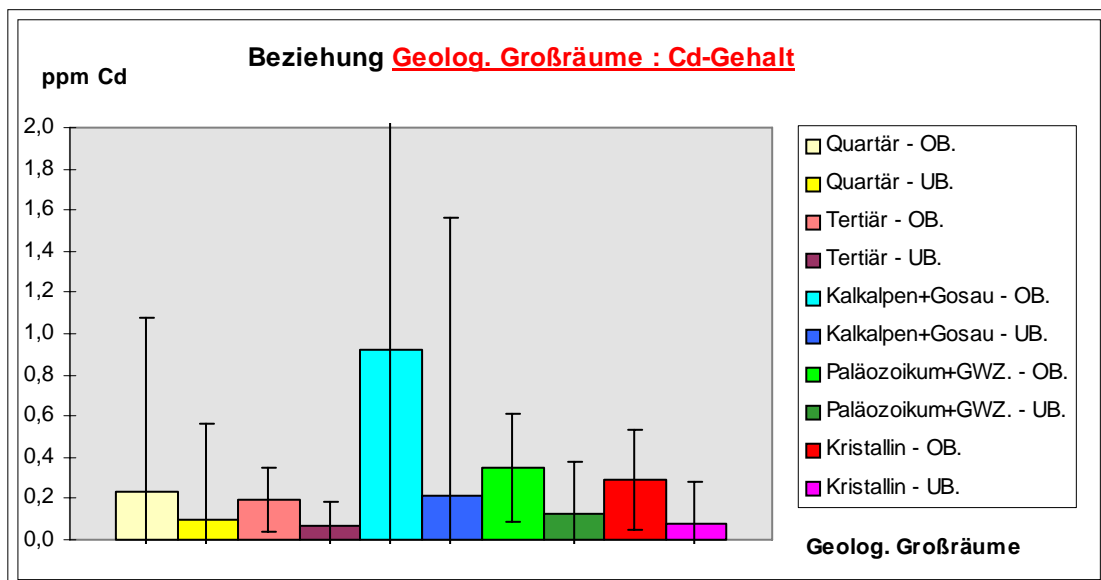
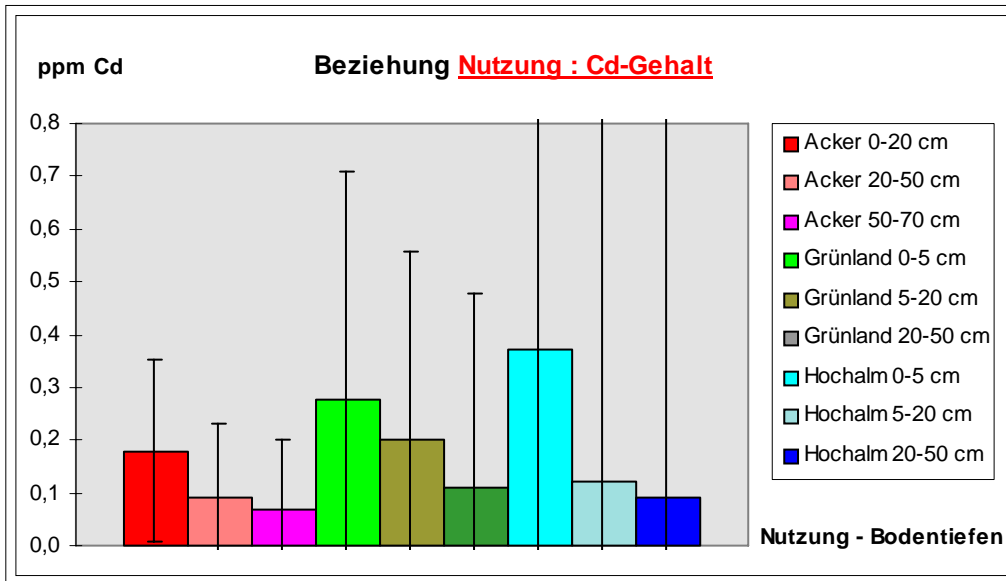
- An allen Standorten nimmt der Cd-Gehalt vom Ober- zum Unterboden hin ab (Hinweis auf anthropogene Einflüsse). Die Cd-Gehalte im obersten Bodenhorizont steigen in der Reihenfolge Acker - Grünland - Hochalm.
- Hinsichtlich der geologischen Großräume weisen die Oberböden der Kalkalpen einen deutlich höheren Durchschnittsgehalt auf, als die übrigen Bereiche. Gerade in dieser geologischen Formation aber sind zu wenige Standorte untersucht, um signifikante Aussagen treffen zu können. Generell weisen die Oberböden einer geologischen Formation im Schnitt immer höhere Cd-Gehalte als die korrespondierenden Unterböden auf (Hinweis auf anthropogene Einflüsse).
- Bei der Beziehung zum Bodentyp ist das Ergebnis ebenso statistisch unsicher. Vor allem die Böden der Rendsina - Ranker- und der Reliktbodengruppe weisen große Schwankungen auf.

Statistische Datenanalyse: Cadmium

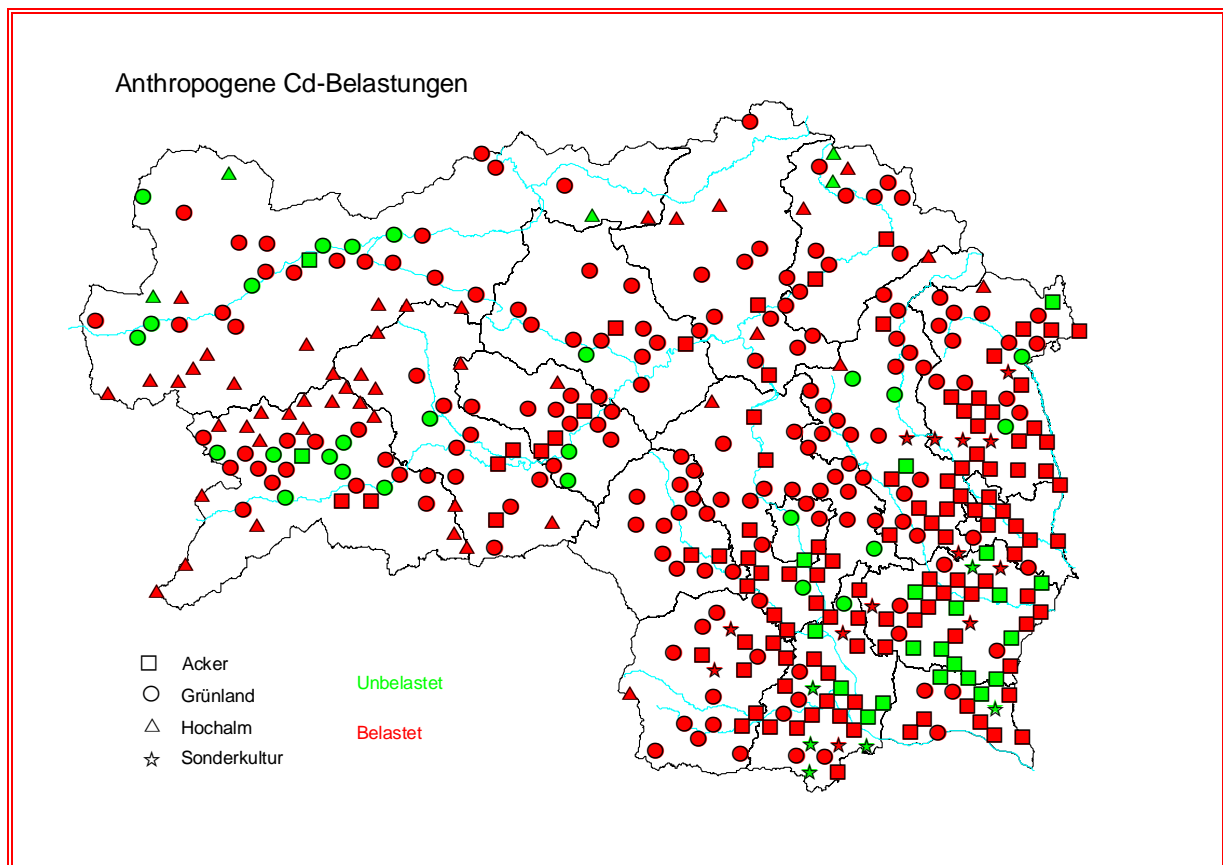
Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	0,18	0,17	0,1	0,7	0,19	135
Acker 20-50 cm	0,09	0,14	0,0	0,5	0,11	135
Acker 50-70 cm	0,07	0,13	0,0	0,5	0,08	126
Grünland 0-5 cm	0,28	0,43	0,1	1,8	0,32	186
Grünland 5-20 cm	0,20	0,36	0,1	1,6	0,24	186
Grünland 20-50 cm	0,11	0,37	0,0	1,9	0,17	179
Hochalm 0-5 cm	0,37	6,91	0,2	21,5	1,51	52
Hochalm 5-20 cm	0,12	8,79	0,0	30,1	1,31	52
Hochalm 20-50 cm	0,09	0,91	0,0	2,3	0,21	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	0,23	0,84	0,1	4,4	0,31	144
Quartär - UB.	0,10	0,46	0,0	1,9	0,16	137
Tertiär - OB.	0,19	0,15	0,1	0,6	0,20	103
Tertiär - UB.	0,07	0,12	0,0	0,5	0,08	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	0,93	10,75	0,2	21,5	3,42	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	0,21	1,35	0,1	2,3	0,41	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	0,35	0,26	0,1	0,7	0,35	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	0,13	0,25	0,0	0,7	0,18	33
Kristallin - OB.	0,30	0,24	0,2	0,8	0,32	90
Kristallin - UB.	0,08	0,20	0,0	0,6	0,11	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	0,58	0,00	0,6	0,6	0,58	1
Aubodengruppe	0,25	0,22	0,2	0,7	0,28	28
Gleygruppe	0,19	0,11	0,1	0,3	0,19	43
Rendsina - Ranker	0,39	5,66	0,2	9,6	1,78	22
Braunerdegruppe	0,26	0,69	0,1	4,4	0,33	201
Podsolgruppe	0,34	0,60	0,2	1,3	0,45	13
Pseudogleygruppe	0,17	0,15	0,1	0,4	0,19	39
Reliktbodengruppe	1,05	16,83	0,3	21,5	4,35	6
Atypische Böden	0,20	0,22	0,1	0,6	0,22	39



Standorte mit vermutlich anthropogener Zusatzbelastung: **Cadmium**

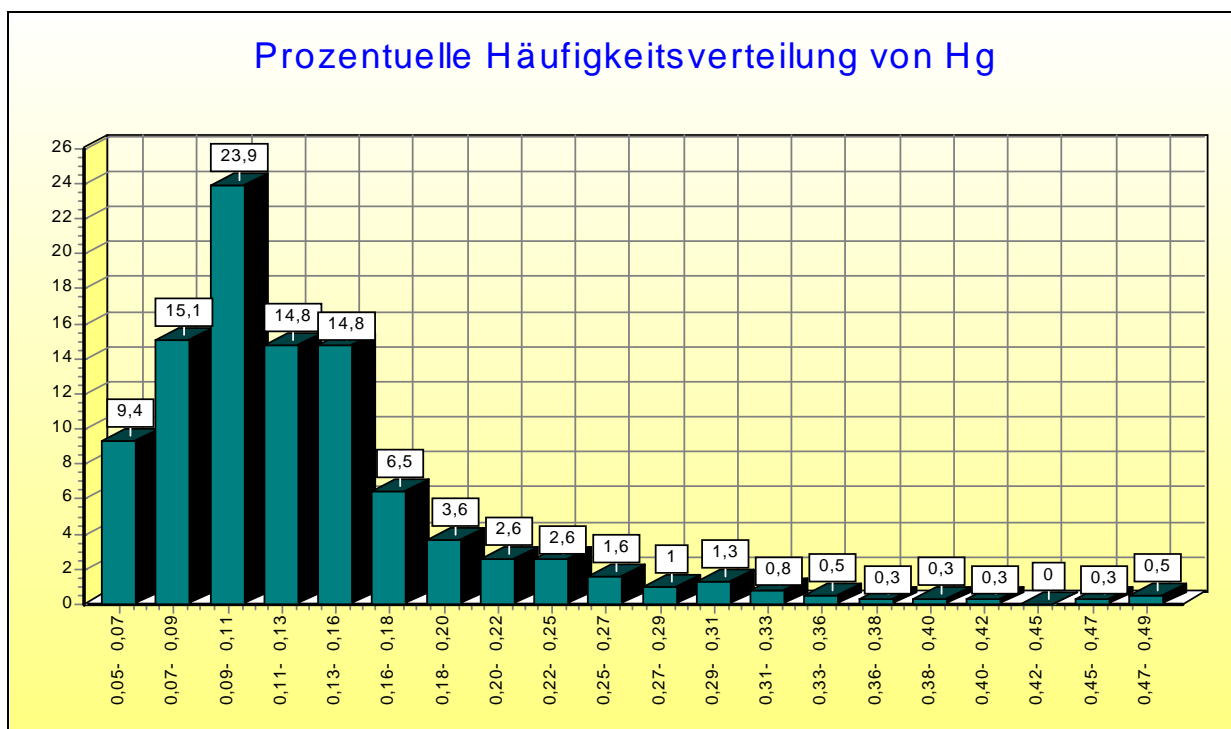


Eine flächenhafte Abgrenzung der anthropogen beeinflussten Gebiete ist auf Grund der derzeit noch zu geringen Standortdichte nur sehr vage durchführbar.

Als eher **unbelastet** kann man in diesem Sinne nur Teile der Südoststeiermark und kleinere Gebiete in den Bezirken Murau und Liezen bezeichnen.

Der Rest der Steiermark erscheint fast durchgehend großflächig **belastet** zu sein.

Häufigkeitsverteilung von Quecksilber im Oberboden (Bereich 0-0,5 ppm):



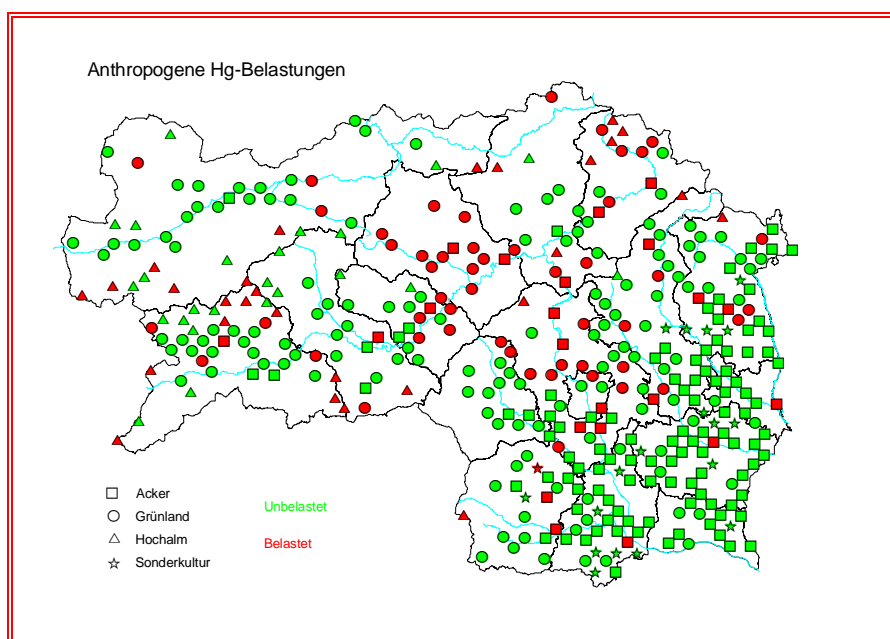
Grenzwertüberschreitungen (Gehalte > 2 ppm) findet man nur in den Oberböden von zwei Standorten (LEA 8, HBD 1). Die Hg-Gehalte betragen dort mehr als das Doppelte des ohnehin hoch angesetzten Grenzwertes.

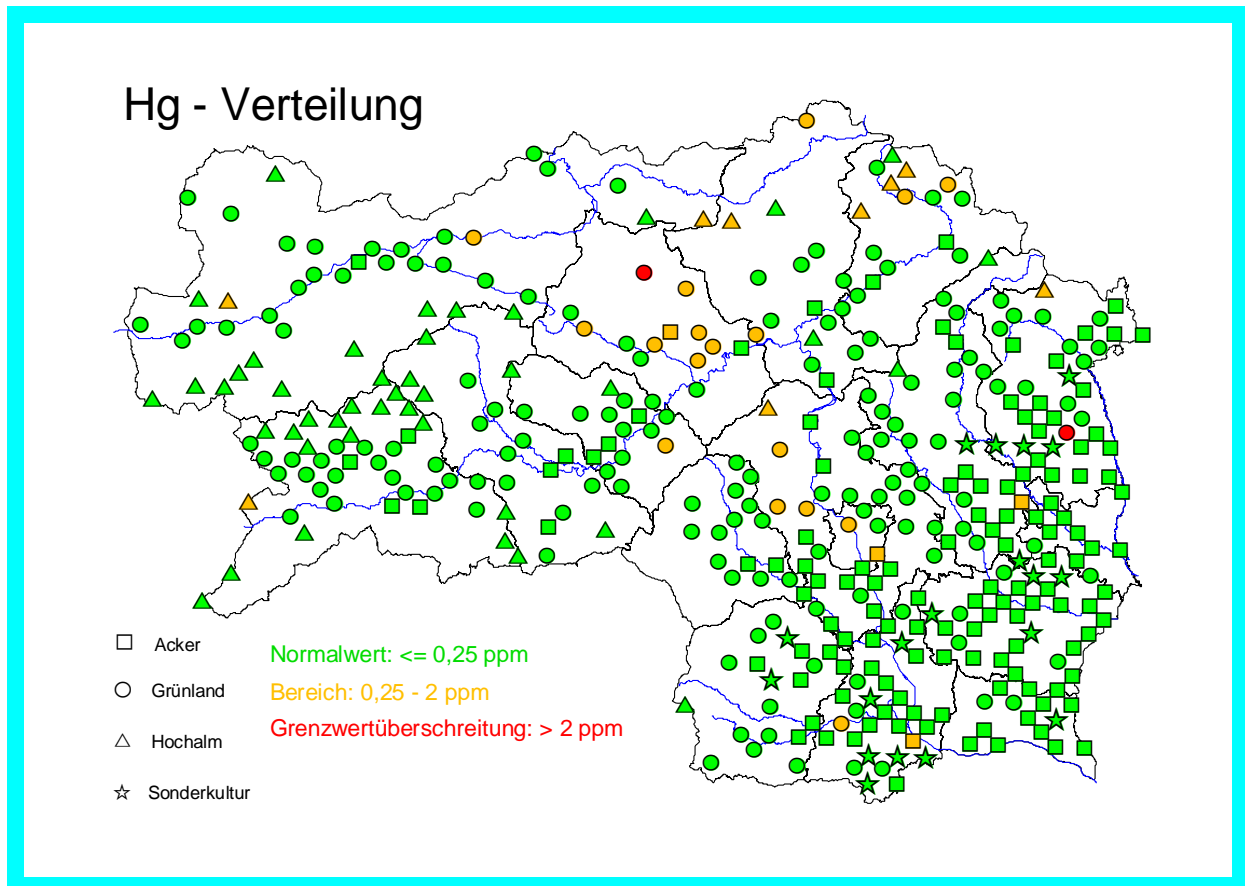
Die Herkunft der erhöhten Schwermetallgehalte ist laut Profilanalyse durch eine anthropogene Beeinflussung, welche sich zum geogenen Background addiert, erklärbar.

Standorte mit möglicher anthropogener Zusatzbelastung: **Quecksilber**

Eine flächenhafte Abgrenzung der anthropogen beeinflussten Gebiete ist auf Grund der derzeit noch zu geringen Standortdichte nur sehr vage durchführbar.

Eine großflächigere **Belastung** ist vor allem im Gebiet nördlich von Graz und im Bezirk Leoben möglich.





Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte $> 0,25$ ppm) findet man in den Oberböden von 32 Standorten. Laut Profilanalyse kann nur für 5 Punkte eine geogene Herkunft angenommen werden, an 27 Standorten ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß möglich. Dieser Befund ist dahingehend zu relativieren, als Quecksilberanreicherungen im Oberboden auch aus natürlichen Quellen stammen können. Außerdem sind die Absolutmengen der in den Oberböden eingetragenen Quecksilbermengen meist sehr niedrig. Eine Ausnahme sind die beiden Standorte LEA 8 und HBD 1, wo ein deutlicher anthropogener Eintrag anzunehmen ist.

An 7 Punkten wird der Normalwert um mehr als das Doppelte überschritten.

92 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: 94 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der Hg-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

- An allen Standorten nimmt der Hg-Gehalt vom Ober- zum Unterboden hin ab (Hinweis auf anthropogene und/oder natürliche Einträge).
- Hinsichtlich der geologischen Großräume weisen die Oberböden der Kalkalpen einen etwas höheren Durchschnittsgehalt auf, als die übrigen Bereiche. Gerade in dieser geologischen Formation aber sind zu wenige Standorte untersucht, um signifikante Aussagen treffen zu können. Generell weisen die Oberböden einer geologischen Formation im Schnitt immer höhere Hg-Gehalte als die korrespondierenden Unterböden auf (Hinweis auf anthropogene und/oder natürliche Einträge).

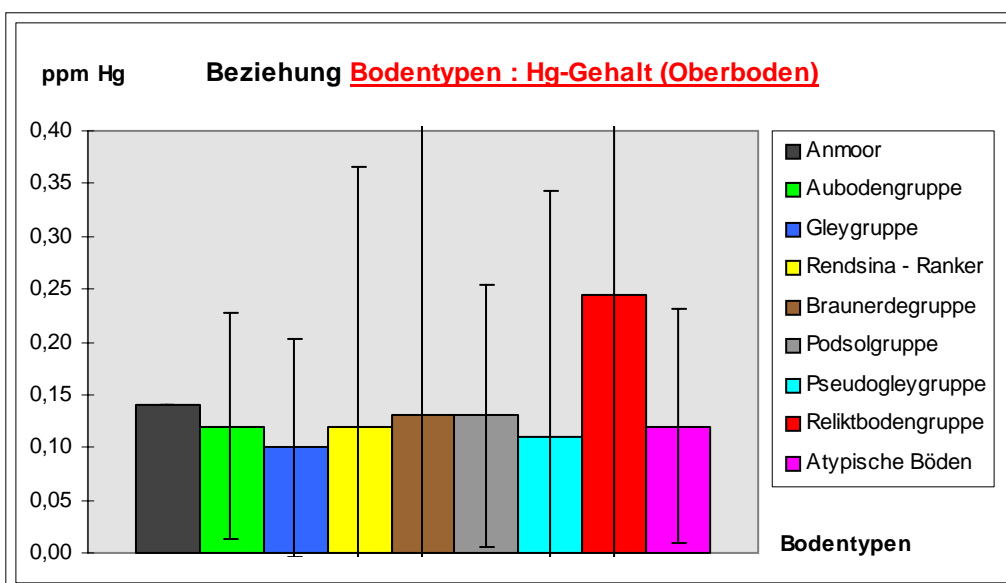
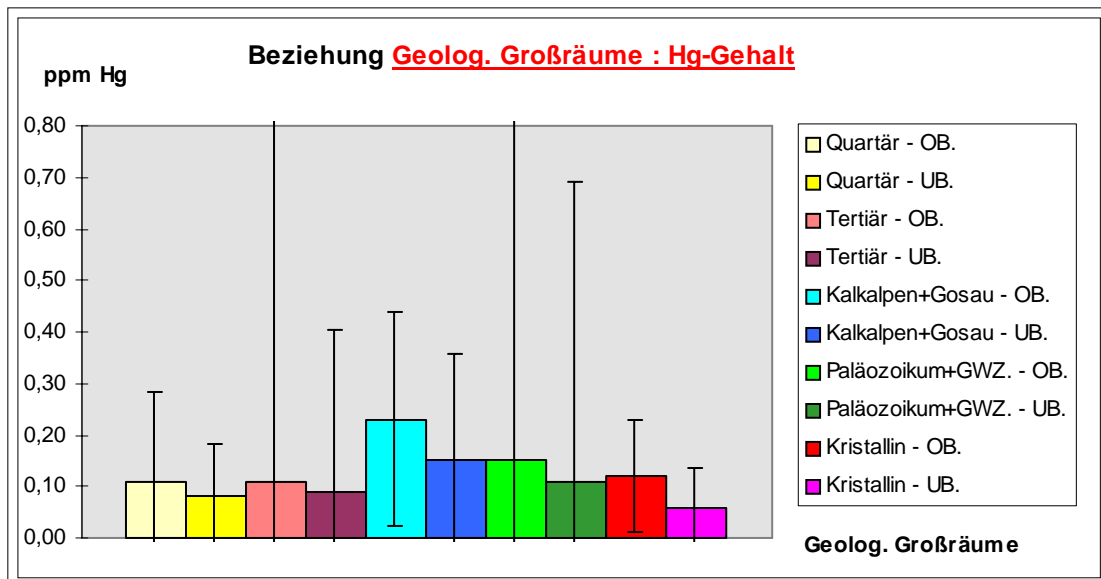
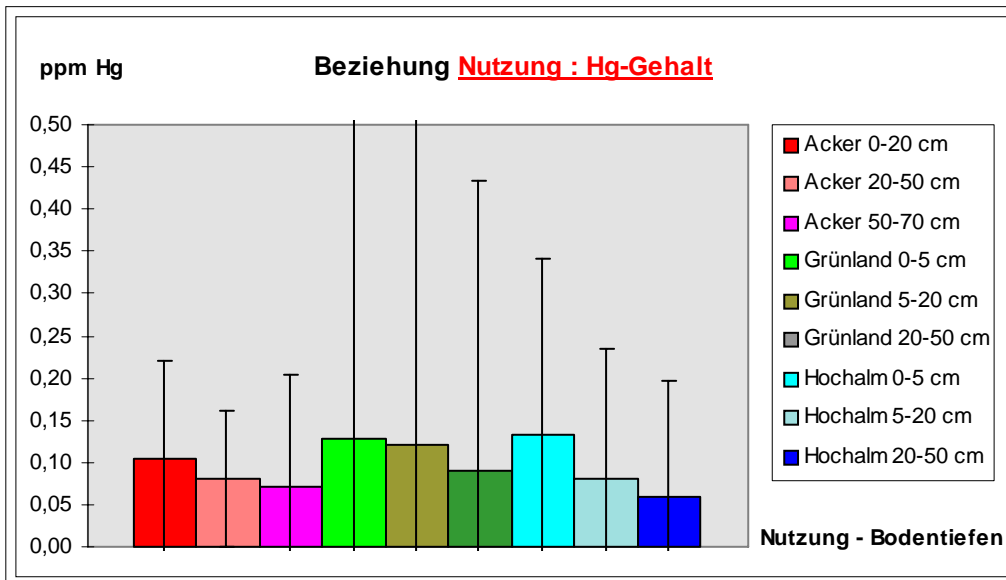
- Bei der Beziehung zum Bodentyp fallen die Böden der Reliktbodengruppe durch einen höheren Durchschnittsgehalt auf. Aber gerade dort ist das betrachtete Kollektiv zu klein, um signifikante Aussagen treffen zu können.

Statistische Datenanalyse: Quecksilber

Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	0,11	0,12	0,0	0,5	0,11	135
Acker 20-50 cm	0,08	0,08	0,0	0,2	0,09	135
Acker 50-70 cm	0,07	0,13	0,0	0,7	0,08	126
Grünland 0-5 cm	0,13	0,92	0,0	4,8	0,20	186
Grünland 5-20 cm	0,12	1,00	0,0	5,8	0,19	186
Grünland 20-50 cm	0,09	0,34	0,0	1,7	0,13	179
Hochalm 0-5 cm	0,13	0,21	0,1	0,5	0,17	52
Hochalm 5-20 cm	0,08	0,16	0,0	0,3	0,11	52
Hochalm 20-50 cm	0,06	0,14	0,0	0,3	0,09	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	0,11	0,17	0,1	0,7	0,14	144
Quartär - UB.	0,08	0,10	0,0	0,3	0,09	137
Tertiär - OB.	0,11	0,94	0,1	4,9	0,17	103
Tertiär - UB.	0,09	0,31	0,0	1,4	0,12	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	0,23	0,21	0,1	0,5	0,23	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	0,15	0,21	0,1	0,4	0,18	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	0,15	1,31	0,1	4,1	0,30	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	0,11	0,58	0,0	1,7	0,19	33
Kristallin - OB.	0,12	0,11	0,1	0,3	0,13	90
Kristallin - UB.	0,06	0,08	0,0	0,2	0,07	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	0,14	0,00	0,1	0,1	0,14	1
Aubodengruppe	0,12	0,11	0,1	0,3	0,13	28
Gleygruppe	0,10	0,10	0,1	0,4	0,11	43
Rendsina - Ranker	0,12	0,25	0,1	0,5	0,17	22
Braunerdegruppe	0,13	0,88	0,1	4,9	0,19	201
Podsolgruppe	0,13	0,12	0,1	0,2	0,14	13
Pseudogleygruppe	0,11	0,23	0,1	0,7	0,14	39
Reliktbodengruppe	0,25	0,43	0,1	0,7	0,31	6
Atypische Böden	0,12	0,11	0,1	0,3	0,13	39



Arsen (As):

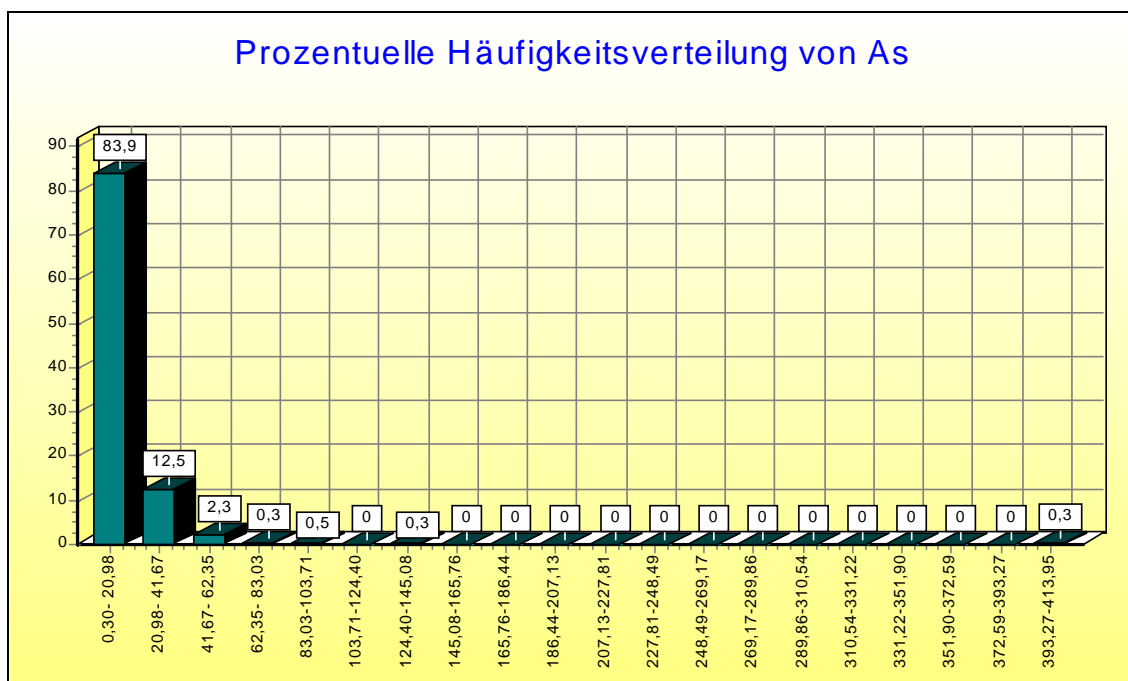
Allgemeines:

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 zu meist 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.

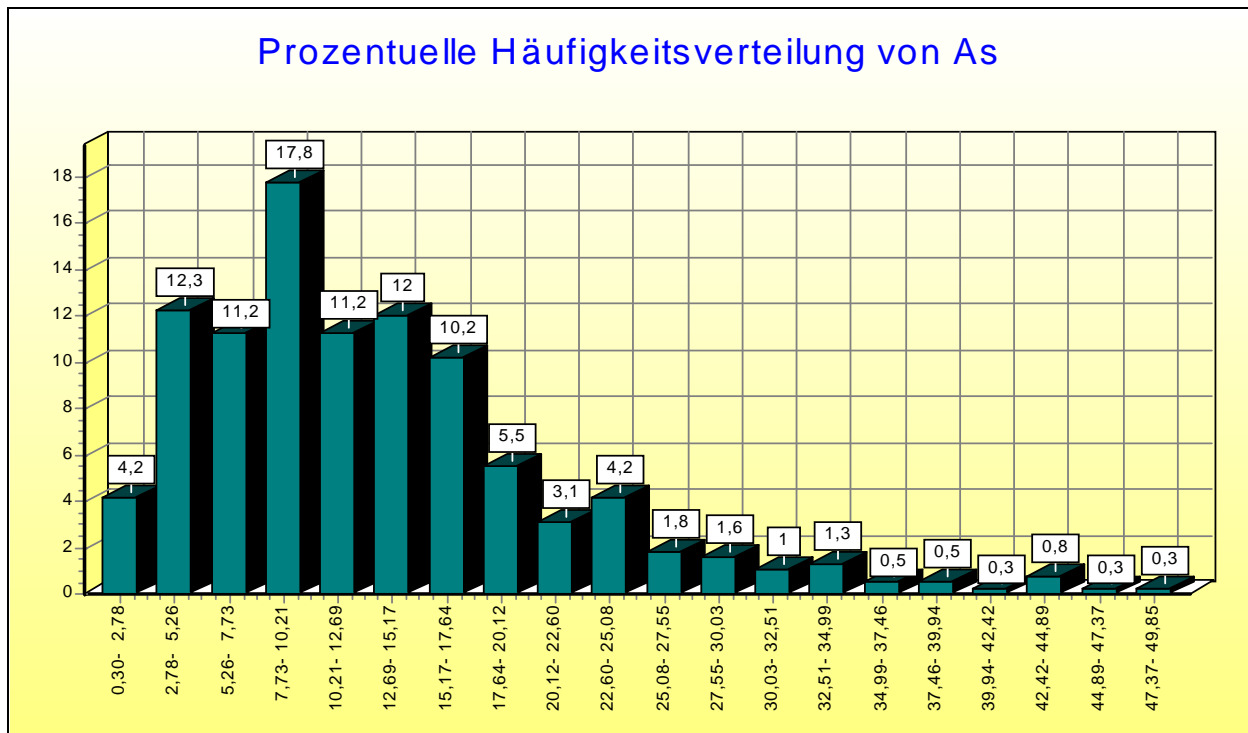
Untersuchungsergebnisse:

Häufigkeitsverteilung von Arsen im Oberboden (Gesamtbereich):



Aus der Häufigkeitsverteilung erkennt man, daß der Großteil der Oberböden As-Gehalte unter 40 ppm aufweist und nur vereinzelte Extremwerte existieren.

Häufigkeitsverteilung von Arsen im Oberboden (Bereich 0-50 ppm):



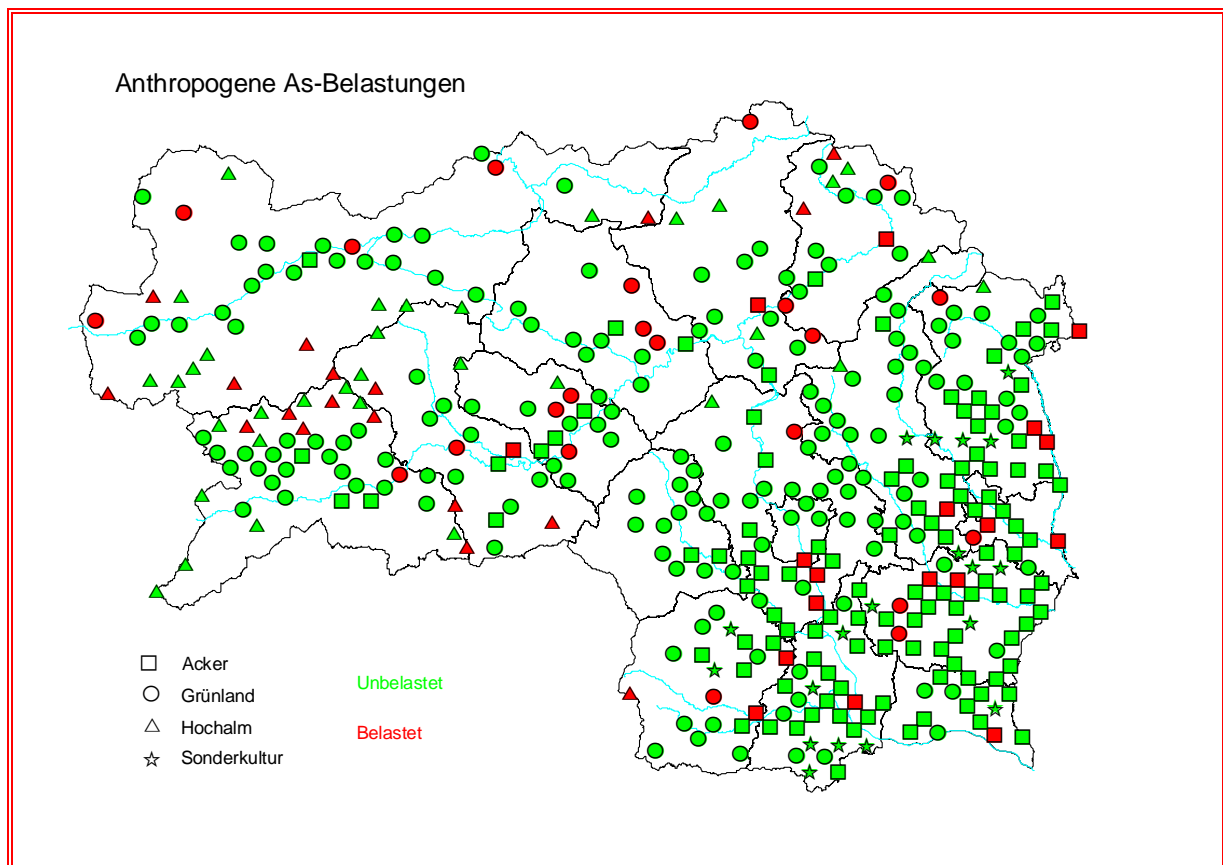
Für das Element Arsen existiert kein gesetzlich festgelegter Grenzwert. Für die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse wurde daher bislang immer der international übliche **Richtwert von 20 ppm** herangezogen. Wie jedoch die Auswertungen der Bodenzustandsinventur belegen, ist dieser Wert für die geologischen Bodengegebenheiten der Steiermark völlig ungeeignet.

Die Bodenzustandsinventuren der anderen Bundesländer Österreichs mit Anteil am ostalpinen Raum ergeben ein ähnliches Bild.

Der nun erarbeitete **Normalwert von 40 ppm** entspricht den natürlichen Gegebenheiten der Steiermark und stellt ein wesentlich besseres Instrument zur Erkennung von Bodenanomalien dar.

Richtwertüberschreitungen (Gehalte > 20 ppm) findet man nur in den Oberböden von 69 Standorten. 26 weitere Untersuchungsstandorte weisen ausschließlich im Unterboden erhöhte Werte auf.

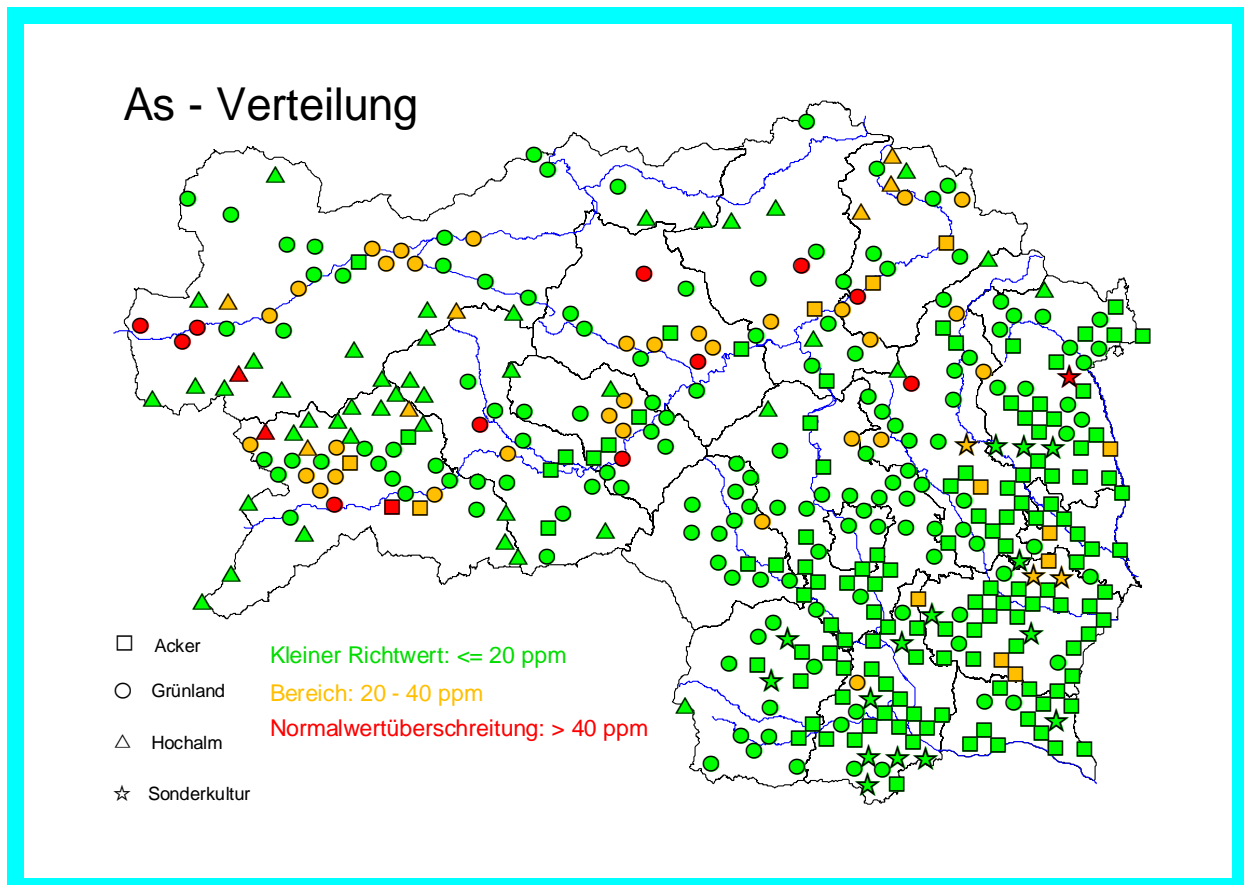
Die Herkunft der erhöhten Schwermetallgehalte ist laut Profilanalyse meist geogen erklärbar.

Standorte mit eventuell anthropogener Zusatzbelastung: **Arsen**

Eine flächenhafte Abgrenzung der eventuell anthropogen beeinflussten Gebiete ist auf Grund der derzeit noch zu geringen Standortdichte nicht durchführbar.

Anthropogene **Belastungen** scheinen derzeit eher kleinflächig aufzutreten. Schwer erklärbar sind vor allem die fallweise auftretenden Anreicherungen im Oberboden von Hochalmstandorten. Es wurde zwar schon in mittelalterlichen Bergbautätigkeiten vielerorts in der Steiermark Arsen abgebaut und oft vor Ort verhüttet, dennoch müssen auch natürliche Anreicherungsmechanismen im Boden in Betracht gezogen werden.

Der Großteil der Böden ist jedoch vermutlich anthropogen **unbelastet**.



Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 40 ppm) findet man in den Oberböden von 15 Standorten. Laut Profilanalyse kann für 13 Punkte eine geogene Herkunft angenommen werden, an den 2 Grünlandstandorten KNB 6 und LIG 3 ist zusätzlich zum geogenen Background ein anthropogener Einfluß wahrscheinlich.

An 4 Punkten wird der Normalwert um mehr als das Doppelte überschritten.

96 % der untersuchten Oberböden (alle Horizonte: ebenfalls 96 %) liegen im Bereich natürlicher - in der Steiermark üblicher - Gehalte.

Die **Beziehungen der As-Gehalte** zur landwirtschaftlichen Nutzung, der Bodentiefe, dem geologischen Großraum und dem jeweiligen Bodentyp zeigen folgende Auffälligkeiten:

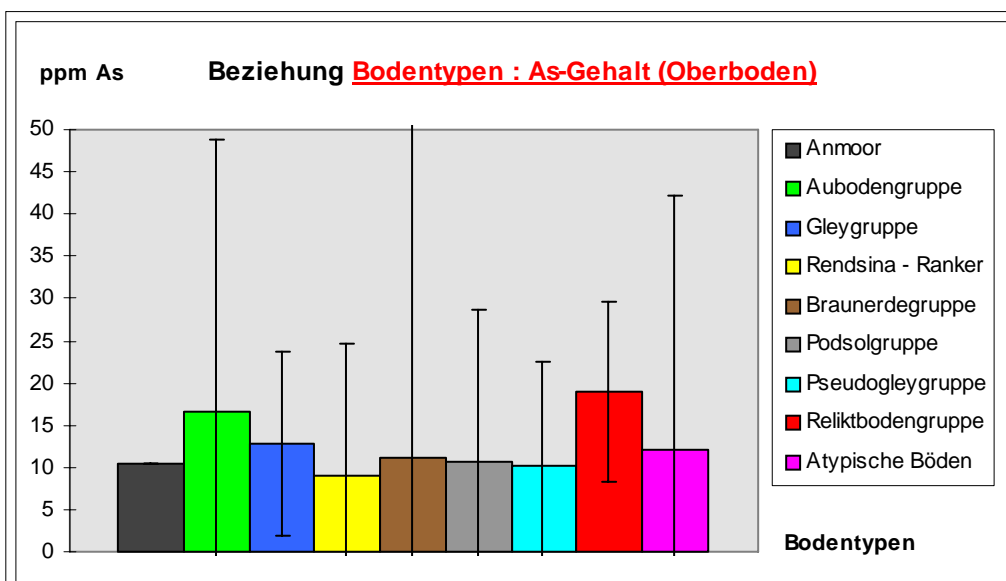
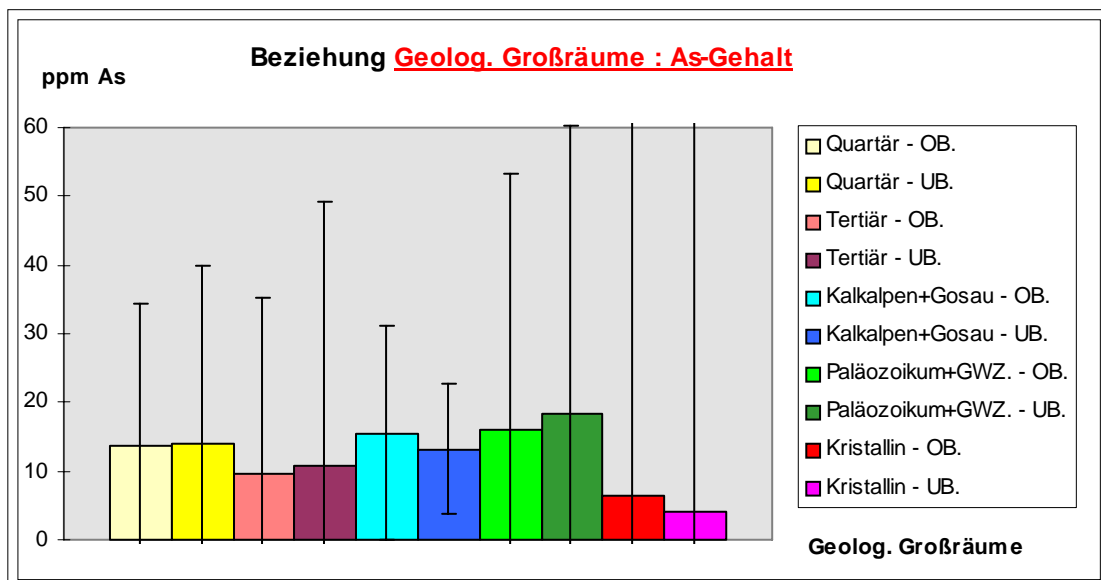
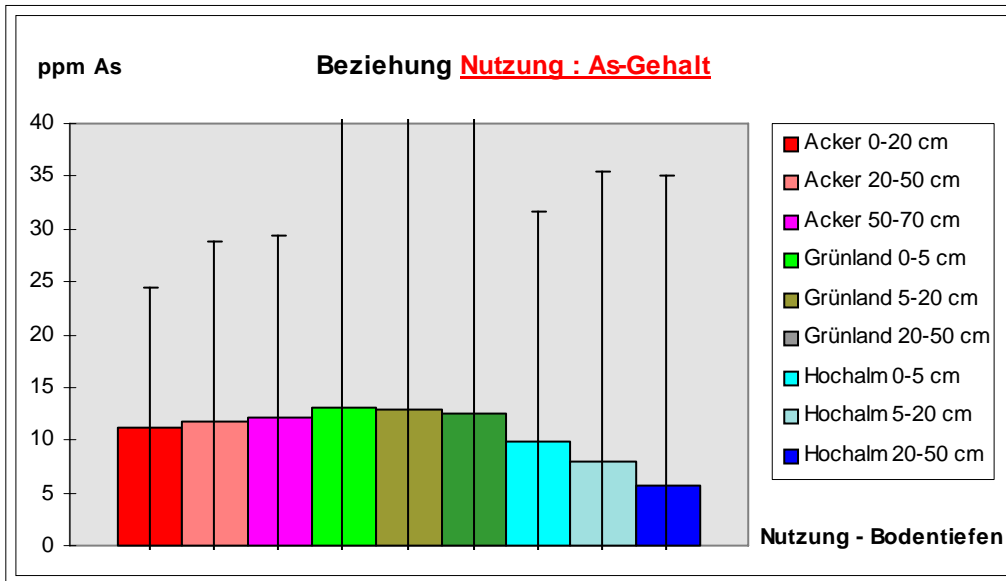
- An Grünland- und Ackerstandorten ist der As-Gehalt in allen Bodenhorizonten sehr einheitlich, bei Hochalmstandorten ist eine leichte Abnahme zum Unterboden hin festzustellen.
- Hinsichtlich der geologischen Großräume zeigt sich ein relativ einheitliches Bild mit großen Schwankungen im kristallinen Bereich. Es ist keine signifikante Korrelation zwischen As-Gehalt und Geologie erkennbar.
- Auch bei der Beziehung zum Bodentyp sind keine statistisch signifikanten Korrelationen erkennbar.

Statistische Datenanalyse: Arsen

Nutzung	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Acker 0-20 cm	11,15	13,28	1,3	46,5	12,09	135
Acker 20-50 cm	11,70	17,04	0,8	70,9	12,72	135
Acker 50-70 cm	12,10	17,31	0,3	56,5	13,22	126
Grünland 0-5 cm	13,17	64,18	0,3	413,9	17,79	186
Grünland 5-20 cm	12,85	68,62	0,2	440,0	18,56	186
Grünland 20-50 cm	12,50	73,36	0,2	464,0	19,09	179
Hochalm 0-5 cm	9,85	21,73	2,6	50,5	13,40	52
Hochalm 5-20 cm	8,05	27,35	1,6	56,8	13,80	52
Hochalm 20-50 cm	5,60	29,47	1,1	60,3	12,03	33

Geolog. Großräume	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Quartär - OB.	13,55	20,81	2,3	68,4	16,06	144
Quartär - UB.	13,90	25,89	1,8	78,0	17,28	137
Tertiär - OB.	9,60	25,63	1,7	124,7	12,54	103
Tertiär - UB.	10,80	38,53	1,4	190,6	14,52	101
Kalkalpen+Gosau - OB.	15,55	15,69	4,4	35,1	16,25	18
Kalkalpen+Gosau - UB.	13,25	9,36	4,3	18,5	12,29	10
Paläozoikum+GWZ. - OB.	16,10	37,30	4,8	86,6	21,35	37
Paläozoikum+GWZ. - UB.	18,40	41,89	5,4	114,1	24,27	33
Kristallin - OB.	6,30	87,49	0,3	414,0	14,26	90
Kristallin - UB.	4,20	106,86	0,2	464,0	15,03	76

Bodentypen	Median	2x STA.	Minimum	Maximum	Mittelwert	Anzahl
Anmoor	10,40	0,00	10,4	10,4	10,40	1
Aubodengruppe	16,48	32,26	2,3	68,4	20,57	28
Gleygruppe	12,70	10,90	3,2	24,2	12,82	43
Rendsina - Ranker	9,03	15,64	0,8	35,1	9,95	22
Braunerdegruppe	11,15	62,46	0,3	414,0	16,27	201
Podsolgruppe	10,75	17,96	3,5	39,3	13,07	13
Pseudogleygruppe	10,15	12,32	1,7	29,7	11,53	39
Reliktbodengruppe	18,98	10,63	17,3	31,2	21,45	6
Atypische Böden	12,15	29,99	1,1	86,6	15,25	39



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

Um einen möglichen Transfer der Schwermetalle vom Boden in die Pflanzen zu kontrollieren, erfolgten an den Standorten mit Schwermetallbelastungen Pflanzenuntersuchungen, deren Ergebnisse anschließend diskutiert werden.

Da auch auf unbelasteten Böden erhöhte Schwermetallgehalte in Pflanzen auftreten können und es kein „Vorhersagemodell“ gibt, mit welchem eine Abschätzung der Pflanzenverfügbarkeit aller hier untersuchten Schwermetalle in diversen Pflanzen möglich ist, wird künftig nur der direkte Weg über die Pflanzenanalyse an generell allen Standorten für alle relevanten Schwermetalle zielführend sein.

Bei Grasproben wurden entsprechend der gesetzlichen Vorgabe zwei Schnitte untersucht, bei Getreideproben 2-3 verschiedene Pflanzenteile.

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):

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

Weitere Beurteilungsgrundlagen:

Futtermittelverordnung 1994 (As, Pb, Cd, Hg)

Lebensmittel-Richtwerte (Pb, Cd, Hg)

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

Für die beiden Elemente **Kobalt** und **Molybdän** sind keine Richtwerte bekannt, außer daß Weidefutter zur Vermeidung von Kobaltmangel mindestens 0,08 mg/kg Kobalt in der Trockensubstanz aufweisen sollte. Dieser Mindestgehalt wurde von allen auf Kobalt untersuchten Grasproben überschritten.

Durch Vergleich der Orientierungswerte mit den gefundenen Gehalten läßt sich feststellen, daß es sowohl an Standorten mit erhöhten Schwermetallgehalten im Boden als auch bei unbelasteten Kontrollböden manchmal zu Schwermetallanreicherungen in den Pflanzen kommt.

Daraus erkennt man, daß es nicht möglich ist, von Bodengehalten auf Pflanzenbelastungen und somit auf eventuelle Gefährdungen zu schließen. Bei der anstehenden Zehn-Jahreskontrolle der Rasterstandorte ab dem Jahr 2000 wird daher vorgeschlagen künftig an allen Standorten Pflanzenproben zu untersuchen.

Folgende Rasterstandorte weisen in beiden untersuchten Grasschnitten erhöhte Schwermetallgehalte auf: Angaben in ppm in der Trockensubstanz.

Standort	Schwermetall	1. Grasschnitt	2. Grasschnitt
LIC 2	Ni	5,55	6,23
WZC 2	Ni	4,51	9,51
LIB 11	Zn	120,70	100,70
JUA 10	Ni	5,38	4,14
JUB 8	Pb	8,63	6,19
MUA 9	Ni	4,14	3,55
MUC 7	Ni	6,11	8,56
LEA 6	Ni	6,29	13,34
MZA 4	Cr	3,66	4,50
	Ni	5,41	5,37
MZA 7	Pb	8,31	7,56
	Cd	0,42	0,46
MZA 8	Pb	14,23	30,33
	Cd	2,56	3,68
BMB 6	Cr	1,05	1,55
DLA 11	Cr	1,60	1,16
DLB 9	Hg	0,05	0,06
GUB 2	Cr	20,83	2,48
LIG 4	Cr	1,74	1,02
LIG 5	Cd	0,60	0,56
LIG 9	Cr	1,22	4,49
	Ni	4,43	5,51
LIH 10	Ni	5,18	3,04

An 120 mit Schwermetallen belasteten Standorten wurden Pflanzenproben untersucht. 36 Standorte weisen in zumindest einer Pflanzenprobe erhöhte Schwermetallgehalte auf. An den oben angeführten 19 Untersuchungsstellen liegen beide untersuchten Grasschnitte über dem als üblich definierten Pflanzengehalt.

Am häufigsten kommt es bei den Elementen **Chrom** und **Nickel** zu erhöhten Werten, wobei vor allem der hohe Cr-Gehalt des 1. Grasschnittes am Standort GUB 2 auffällt. Hierbei dürfte es sich aber um eine Verunreinigung der Pflanzenprobe durch anhaftende mineralische Partikel handeln.

Dies stellt bei der Untersuchung von Pflanzen ein generelles Problem dar, welches häufig zu Analysenschwankungen führt.

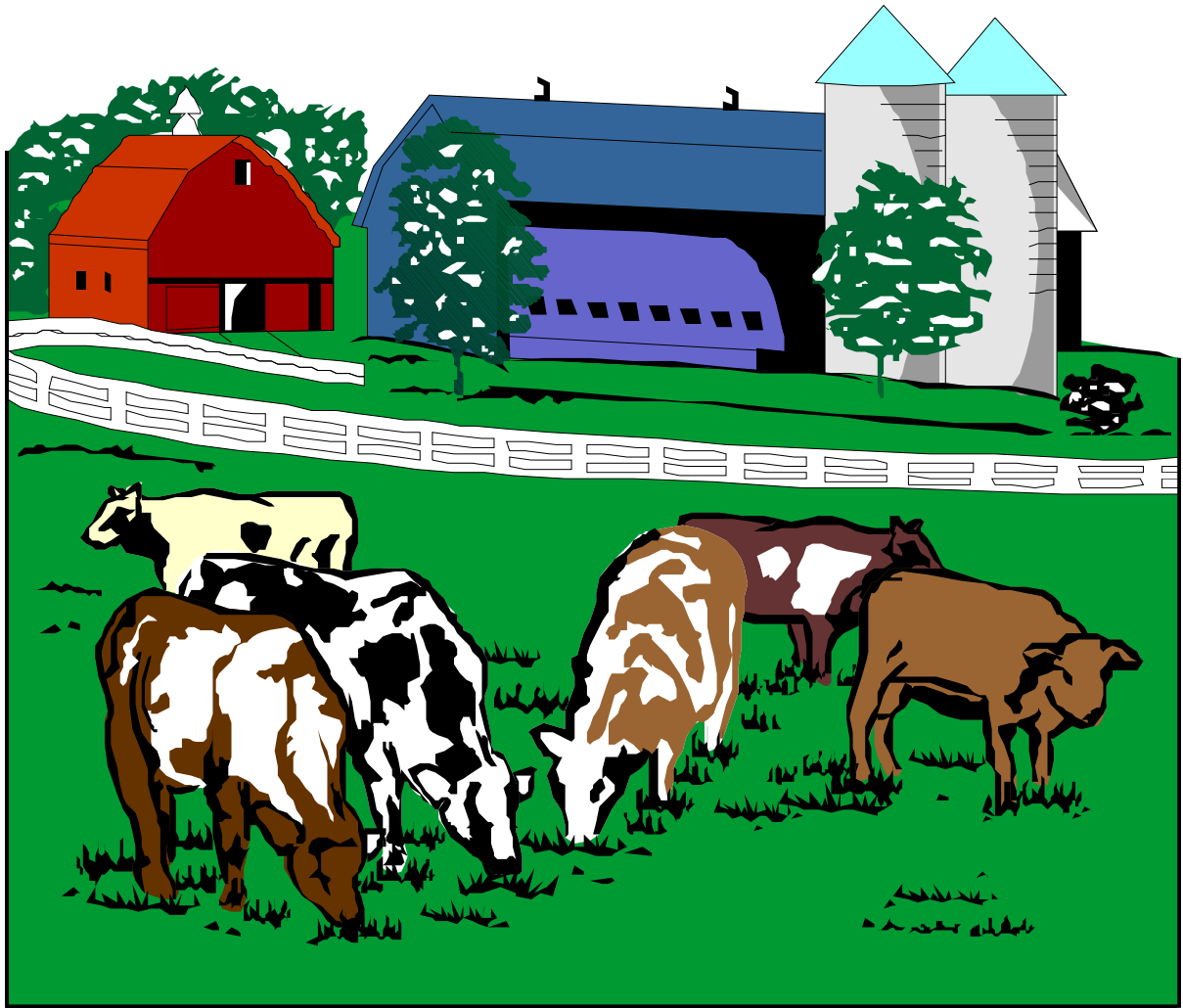
Bei den anderen Schwermetallen kommt es deutlich seltener zu überhöhten Pflanzengehalten. Zu erwähnen ist jedoch, daß es im Bereich der Kalkalpen (Standorte LIB 11, MZA 4, 7+8 und LIG 5) relativ häufig zu Pflanzenbelastungen mit den Schadstoffen Blei und Cadmium, aber auch Zink, Chrom und Nickel kommt.

Am kritischsten ist das Element **Cadmium** zu betrachten, da es verhältnismäßig gut wasserlöslich ist und ein hohes Toxizitätspotential besitzt. Am Standort MZA 8 wird sogar der Höchstgehalt der Futtermittelverordnung (Alleinfuttermittel für Rinder, Schafe und Ziegen: 1,14 ppm in der Trockensubstanz) überschritten. Da es sich bei diesem Standort um eine Hochalmfläche mit Sommerbeweidung handelt, sind weitere Untersuchungen unumgänglich. Insgesamt gesehen ist der kalkalpine Bereich der

Steiermark untersuchungsmäßig noch zu wenig erfaßt, um konkrete Aussagen (Schadstoffverbreitung, Herkunft, Belastungsausmaß) machen zu können. An der notwendigen Verdichtung der Untersuchungsstellen wird jedoch intensiv gearbeitet.

Die Untersuchungen der Gesamtgehalte von **Arsen** in den Pflanzen ergab trotz fallweise beträchtlich hoher Arsengehalte im Boden nur sehr selten geringfügig erhöhte Pflanzenbelastungen. Dies bestätigt die Annahme, daß Schwermetalle geogener Herkunft kaum pflanzenverfügbar sind.





Organische Schadstoffe:

Die chlorierten Kohlenwasserstoffe (HCB, Lindan und DDT):

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

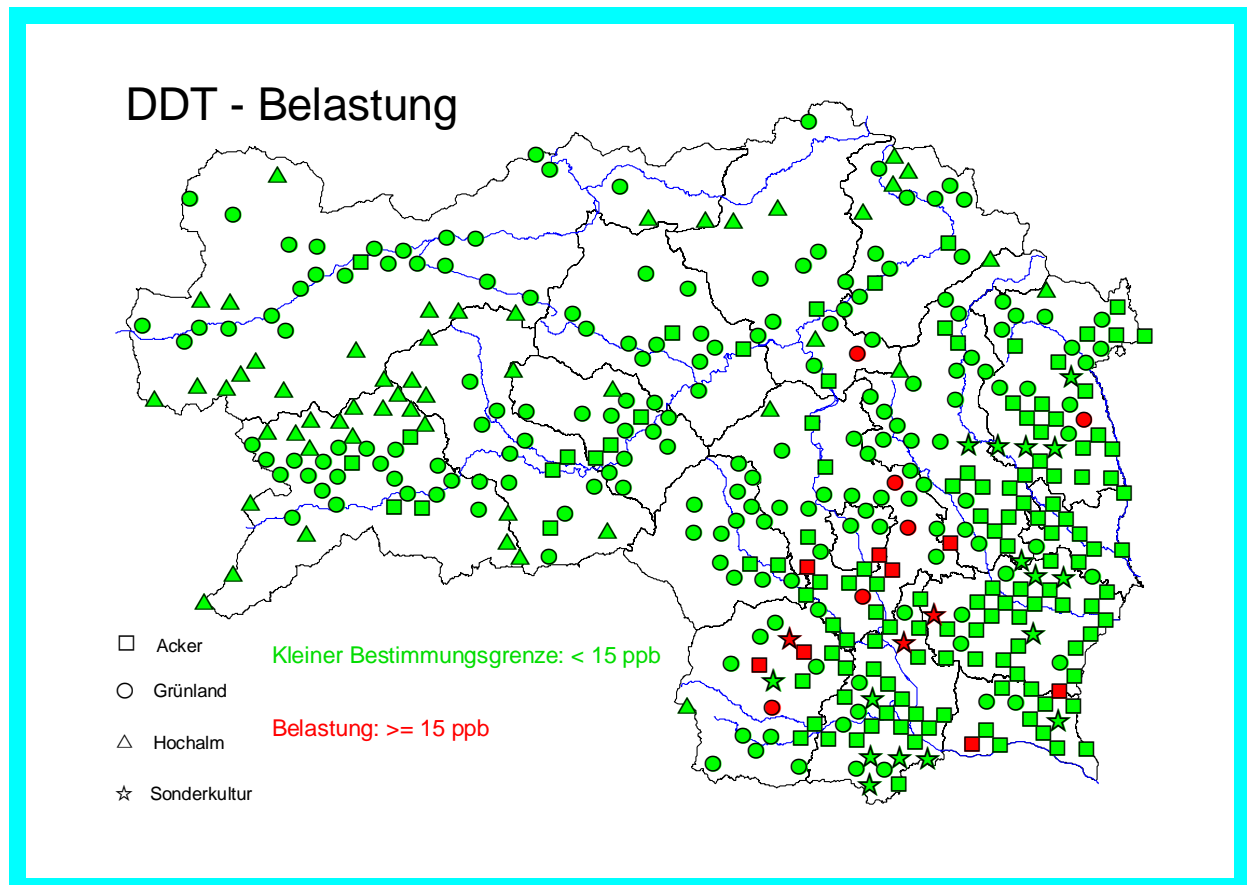
Der im Zuge der statistischen Auswertungen errechnete Analysenfehler liegt für DDT bei 15 ppb. Daher ist es sinnvoll die bisherige Bestimmungsgrenze von 10 ppb auf 15 ppb anzuheben. Für die Schadstoffe HCB und Lindan werden ähnliche Verhältnisse angenommen.

Unter diesen Voraussetzungen sind an 17 Standorten **DDT-Rückstände** festzustellen. Davon fallen besonders folgende 3 Untersuchungsstellen durch hohe Rückstände über 100 ppb auf:

FBB 4 (139 ppb), BMA 2 (120 ppb) und HBD 2 (126 ppb).

Die flächenhafte Verbreitung dieser Schadstoffe dürfte lokal stark begrenzt sein.

Fallweise werden für ein und denselben Untersuchungsstandort für die beiden Untersuchungsjahre große Unterschiede in den Gehalten festgestellt. Ursache dürfte neben dem Analysenfehler auch die inhomogene Verteilung der Rückstände im Boden sein.



Aus der Karte erkennt man, daß sich die DDT-Belastungen hauptsächlich auf die südlichen, ackerbaulich intensiver genutzten Gebiete der Steiermark konzentrieren.

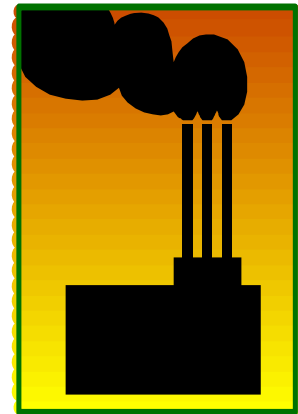
Rückstände von **Lindan** oder **HCB** konnten nicht festgestellt werden (Bestimmungsgrenze: 15 ppb).

Die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's):

Allgemeines:

Die Abkürzung „PAH's“ 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 Zigaretten tabak handelt. Bei der alleinigen Verbrennung einer organischen Substanz (z. B.: Erdöl) entsteht zwar ein charakteristisches Verteilungsmuster der PAH - Einzelsubstanzen (PAH-Profil), dennoch ist eine Verursacherermittlung 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 Be-

stimmung 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 wurde bisher folgende grobe Klasseneinteilung getroffen (ppb = $\mu\text{g}/\text{kg}$):

PAH-Summe	0 - 99 ppb	„gering belastet“
PAH-Summe	100 - 999 ppb	„belastet“
PAH-Summe	≥ 1000 ppb	„stark belastet“

Der nun zur Verfügung stehende Datenpool der untersuchten 392 Rasterstandorte ermöglicht eine statistisch verfeinerte Beurteilungsmöglichkeit durch folgende **neue Klasseneinteilung**:

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

Im Falle einer starken Belastung sollte über Zusatzuntersuchungen versucht werden die Herkunft und flächenhafte Verbreitung der Schadstoffe zu klären !

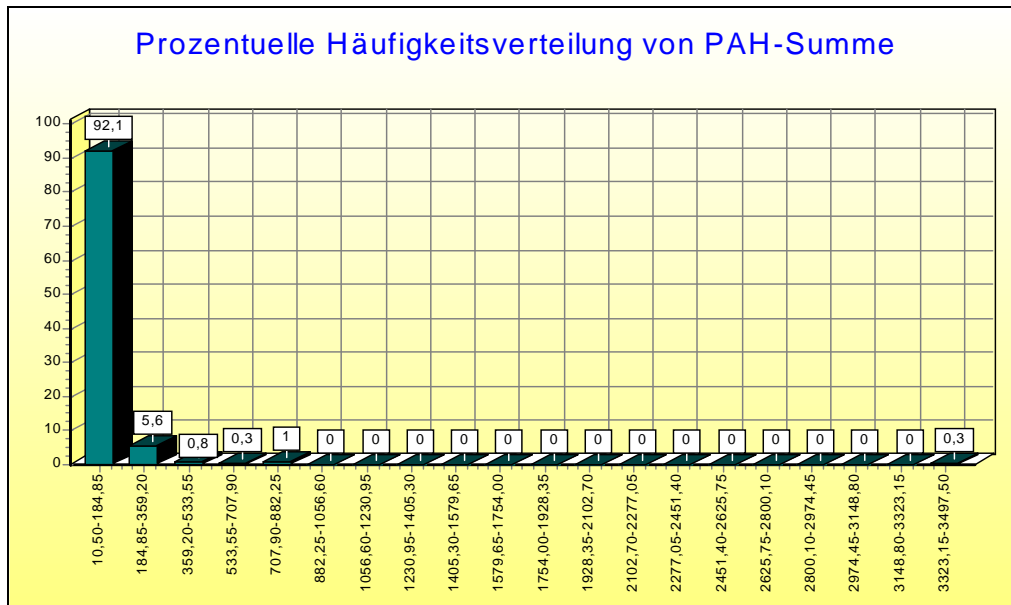
Die Bestimmung der PAH's erfolgt in gemeinsamer Aufarbeitung mit den chlorierten Kohlenwasserstoffen nach einer in internationalen Ringversuchen getesteten Hausmethode (Aceton-Extraktion und Messung mittels GC - MS).

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



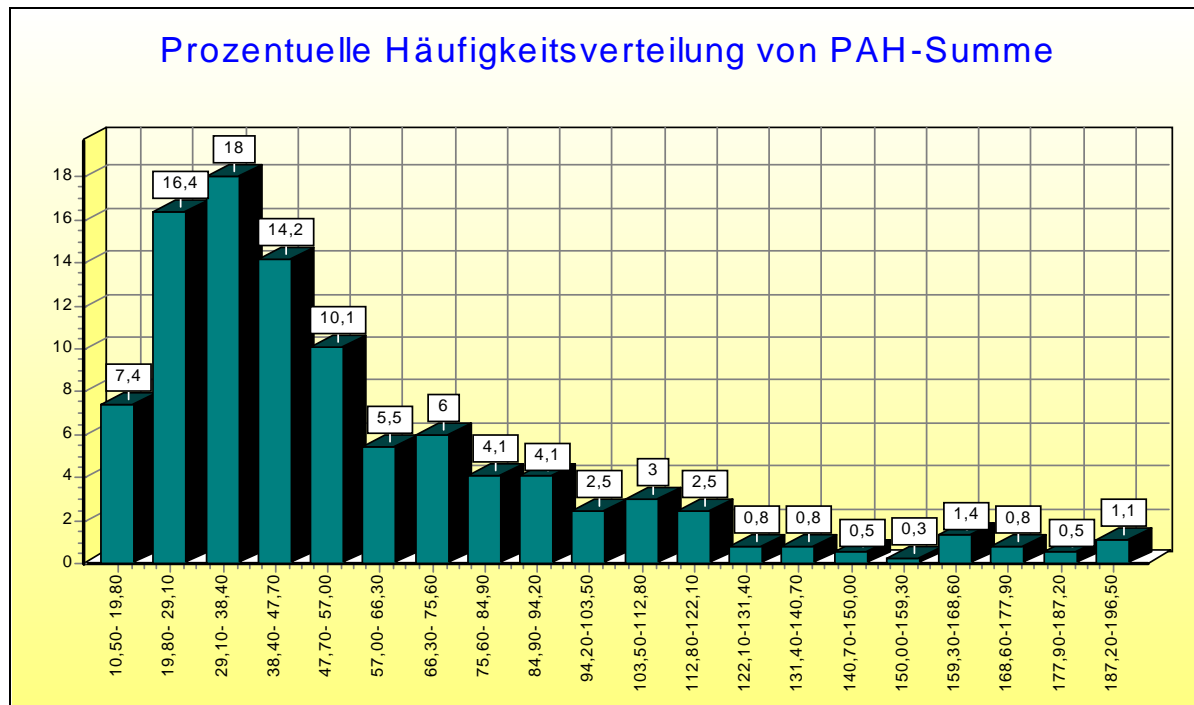
Untersuchungsergebnisse:

Häufigkeitsverteilung von PAH's im Oberboden (Gesamtbereich):



Man erkennt, daß ein extrem belasteter Standort existiert - der Großteil der Punkte aber liegt im Gehaltsbereich unter 200 ppb.

Häufigkeitsverteilung von PAH's im Oberboden (Bereich 0-200 ppb):



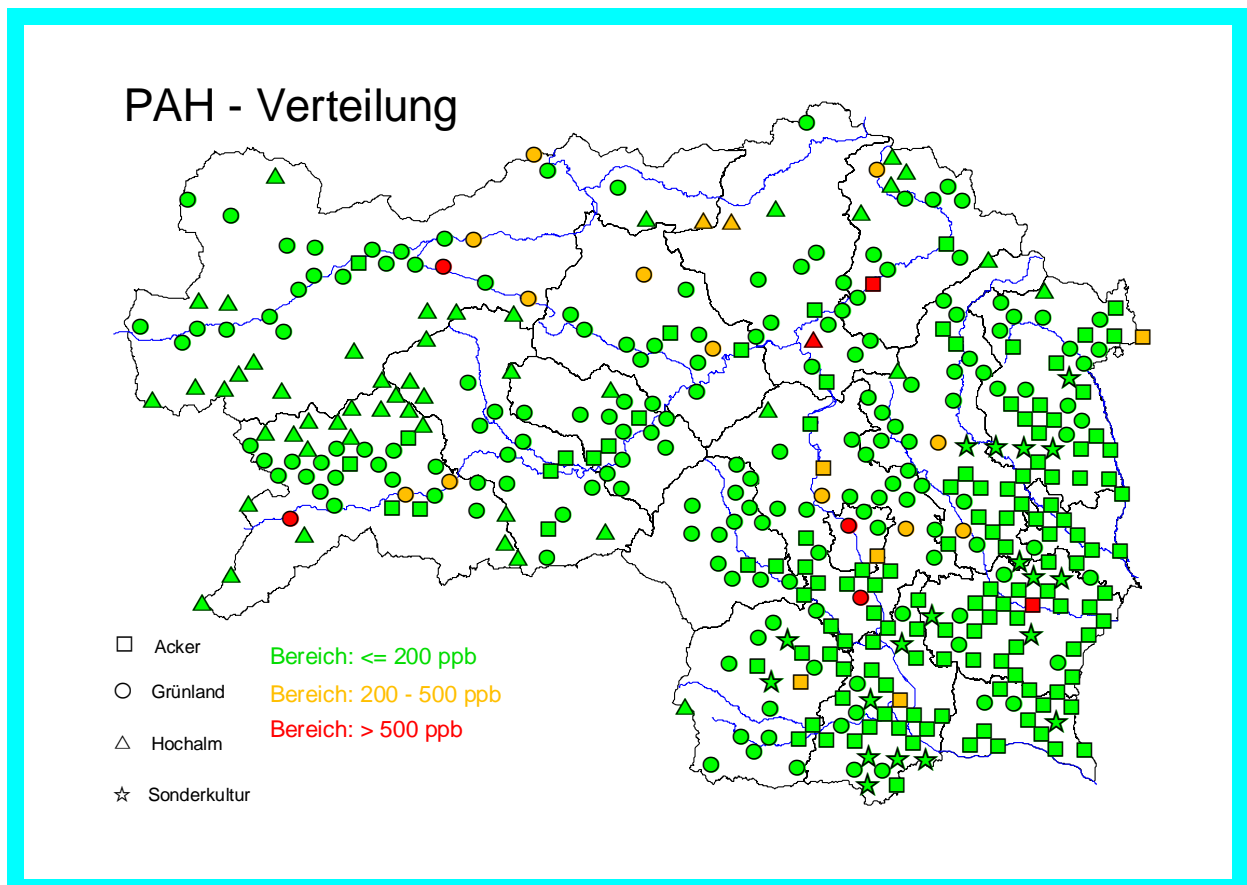
93 % der Standorte liegen im Bereich ubiquitärer Belastung (PAH-Summe 0-200 ppb).

5 % der Standorte weisen Belastungen im Bereich einer PAH-Summe zwischen 200 und 500 ppb auf.

7 Standorte (2 %) weisen eine **starke Belastung** über 500 ppb PAH-Summe auf. Die Herkunft der Schadstoffe ist zur Zeit noch nicht geklärt und erfordert zusätzliche verdichtende Bodenuntersuchungen (in Arbeit). Es handelt sich dabei um folgende Standorte: LIA 2, MUB 9, FBA 6, MZB 3, BMB 6, GUB 8 und GZA 2.

Besonders auffällig ist die extreme Belastung am Grünlandstandort LIA 2 mit einer PAH-Summe von etwa 3500 ppb.

PAH - Belastung	„Ubiquitäre Belastung“	„Erhöhte Belastung“	„Starke Belastung“
Anzahl Standorte	366	19	7



Triazin - Rückstände:

Allgemeines:

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

Atrazin
 Simazin
 Cyanazin
 Terbutylazin
 Propazin

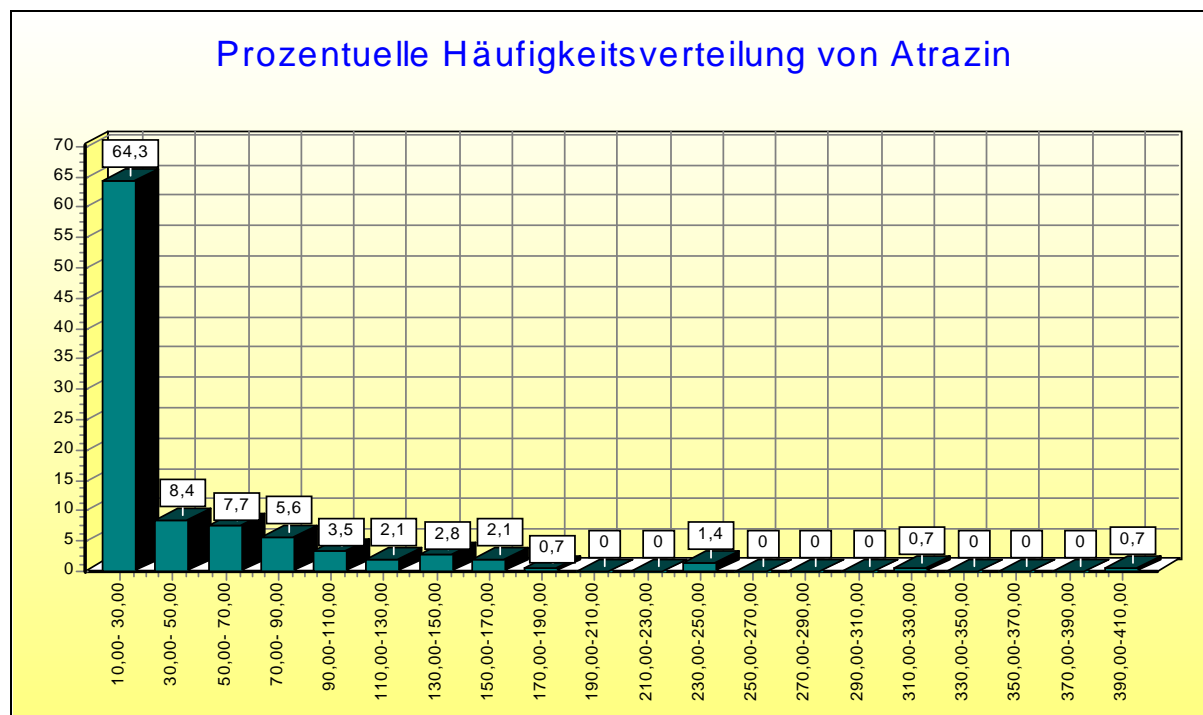
Die angeführten Substanzen sind Unkrautvernichtungsmittel (Herbizide), wovon vor allem das Mittel Atrazin in den vergangenen Jahren beim Maisanbau stark zum Einsatz kam. Als das Problem der Grundwasserkontamination auftrat, wurde die Anwendung von Atrazin, nach anfänglichen gesetzlichen Anwendungsbeschränkungen,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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Häufigkeitsverteilung von **Atrazin** im Oberboden (Bereich ≥ 10 ppb):



Wie aus der Häufigkeitsverteilung der Atrazinrückstände im Boden ersichtlich, weisen nur sehr wenige Standorte Gehalte über 200 ppb auf. Dieser Wert wurde in der Zeit der Anwendungsbeschränkungen (vor dem 5. 5. 1995) nur an folgenden 4 Standorten überschritten:

FFA 10 (330 ppb), HBA 5 (410 ppb), FBA 5 (250 ppb) und FBA 9 (250 ppb).

Ab dem Jahr 1995 wurden nur mehr Atrazinrückstände unter 50 ppb gefunden, welche als Altlasten aus den Jahren vor dem Anwendungsverbot angenommen werden können.

Zusammenfassend ist also in den letzten Jahren ein deutlicher Rückgang bei den Atrazinrückständen im Boden festzustellen. Wie lange es jedoch dauern wird, bis die letzten Schadstoffreste unter ein vernachlässigbares Niveau gesunken sind, kann nur durch die in Arbeit befindliche Bodendauerbeobachtung der Zehnjahres-Kontrollen geklärt werden.

Das dabei aber mit langen Zeiträumen zu rechnen ist, wird aus den Ergebnissen des im Folgenden präsentierten Projektes zur Ermittlung der zeitlichen Variabilität von Atrazinrückständen deutlich.



Die zeitliche und lokale Variabilität von Atrazinrückständen

Bei diesem Untersuchungsparameter ist die zeitliche Variabilität bestimmt durch den kontinuierlichen Abbau bzw. durch die Tiefenverlagerung des Schadstoffes. Die örtliche Schwankungsbreite zeigt, wie homogen die Applikation des Herbizides am Acker erfolgt ist.

Um beide Einflußgrößen messend erfassen zu können, wurden zwei Nichttrasterstandorte (LEI 3 und FUE 2) des Bodenschutzprogrammes ausgewählt, wo in der Zeit, als die Anwendung von Atrazin noch erlaubt war, hohe Rückstände festgestellt wurden. Dort wurden drei Jahre lang in halbjährlichem Abstand Rückstandskontrollen in drei Bodentiefen vorgenommen. Am Standort LEI 3 erfolgte zusätzlich entlang einer Geraden in 20 m - Abständen eine Untersuchung auf die lokale Verteilung der Atrazinrückstände im Oberboden.

Ergebnisse:

1. Zeitliche Variabilität:

Beide Standorte waren bei den ersten Messungen 1990 und 1991 stark mit Atrazinrückständen belastet. Nach dem Erlaß des Anwendungsverbotes von Atrazin am 5. 5. 1995 wurden mit Beginn der halbjährlichen Kontrollen im Frühjahr 1996, ähnlich hohe Atrazingehalte im Oberboden beider Kontrollflächen gemessen.

Aus der nachstehenden Tabelle sieht man, daß der Gehalt von ca. 60 µg Atrazin pro kg Boden im Frühjahr 1996 nur sehr langsam abnimmt (speziell am Standort LEI 3):

Probennahme	LEI 3	FUE 2
Frühjahr 1990	1070	250
Herbst 1991	530	110
Frühjahr 1996	59	57
Herbst 1996	40	18
Frühjahr 1997	49	28
Herbst 1997	40	23
Frühjahr 1998	57	< 10
Herbst 1998	28	< 10

Angaben in µg Atrazin / kg Boden (in der Trockensubstanz).

Die Schwankungen der Werte der Meßreihe 1996 bis 1998 ergeben sich aus dem analytischen Fehler und der inhomogenen Verteilung der Rückstände im Boden, welche auch aus den Untersuchungen zur lokalen Variabilität ersichtlich ist.

2. Lokale Variabilität:

Die Verteilung der Untersuchungspunkte im ca. 40 x 260 m schmalen Ackerstreifen des Standortes LEI 3, welche zur Ermittlung der lokalen Variabilität der Atrazinrückstände im Oberboden durchgeführt wurde, erfolgte entlang einer Geraden im Abstand von 20 Metern.

Die Werte dieser 13 Meßpunkte variieren von 26 - 52 $\mu\text{g} / \text{kg}$ mit einem Mittelwert von 44 $\mu\text{g} / \text{kg}$. Die für analytische Schwankungen übliche Annahme einer zweifachen Standardabweichung beträgt hier $\pm 14 \mu\text{g} / \text{kg}$.

Die Einzelwerte der Untersuchungsreihe lauten:

Meter	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
$\mu\text{g}/\text{kg}$	26	39	46	46	40	51	40	50	48	52	42	44	51

Angaben in μg Atrazin / kg Boden (in der Trockensubstanz) entlang der Untersuchungsgeraden.

Der Punkt „0 Meter“ liegt ca. 5 m vom Ackerrand entfernt und fällt durch den niedrigsten Gehalt aus der Reihe. Die übrigen Punkte verlaufen in ca. 15 m Entfernung entlang des Ackerrandes und weisen eine relativ gute Übereinstimmung auf.

Folgerungen:

Auch bei ehemals extremen Atrazingehalten im Oberboden (der Standort LEI 3 war der am höchsten belastete Punkt des Bodenschutzprogrammes) sollten heute im Oberboden keine Atrazinrückstände über **70 $\mu\text{g} / \text{kg}$** zu finden sein. Und dieser Wert muß in den nächsten Jahren weiter sinken. Die Dauer bis vernachlässigbare Werte erreicht sind, hängt von der Abbaufähigkeit des betreffenden Bodens ab.

Die aus der lokalen Variabilität resultierende Schwankungsbreite (inklusive Analysenfehler) in diesem Konzentrationsbereich beträgt etwa $\pm 20 \mu\text{g} / \text{kg}$ und wurde im obigen Richtwert von 70 $\mu\text{g} / \text{kg}$ schon berücksichtigt.

Ackerränder und Umkehrstellen liefern keinen repräsentativen Wert, sodaß im Verdachtsfall eine für die gesamte Ackerfläche repräsentative Probe zu ziehen ist.

Die weitere Kontrolle der Atrazin - belasteten Standorte des Bodenschutzprogrammes ist durch die Zehn-Jahreskontrollen gewährleistet.



10. Das weitere Vorgehen

Die in diesem Bericht behandelte Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse des 4x4 km Rasters ist ein wichtiger 1. Schritt zu einer flächendeckenden Bodenzustandsinventur der Steiermark. Sie bietet durch die objektive Standortauswahl die Möglichkeit für statistische Auswertungen, welche eine - den steirischen Bodeneigenschaften adäquate - Beurteilungsgrundlage für künftige Untersuchungen bilden.

Mit dem jetzigen Vorwissen können die bestehenden Lücken im Untersuchungsnetz mit verhältnismäßig wenigen Nichtrasterstandorten geschlossen und erstmals der IST - Zustand der steirischen Böden dokumentiert werden. Veränderungen der Böden werden durch die in Arbeit befindliche Bodendauerbeobachtung erfaßt.

Prinzipiell kann gesagt werden, daß eine aussagekräftige Bodenzustandsinventur im wesentlichen auf folgenden zwei Schienen laufen muß:

- Ausreichende **Meßpunktdichte** des Untersuchungsnetzes und
- Bodendauerbeobachtung durch **periodische Wiederholungen**.

1.) Fertigstellung eines aussagekräftigen Untersuchungsnetzes ständiger Prüfstandorte in der Steiermark:

Um eine für die flächenhafte Beurteilung des Zustandes der steirischen Böden notwendige Dichte des Untersuchungsnetzes zu erreichen, werden seit 1997 (vereinzelt auch schon 1990 - 1992) weitere Nichtrasterstandorte eingerichtet. Dabei gilt es einen **Kompromiß zwischen minimaler Standortanzahl und möglichst hoher Aussagekraft** zu finden.

Für die Steiermark wird eine Anzahl von **1.000** Untersuchungsstandorten angestrebt, wovon derzeit etwa Dreiviertel eingerichtet sind. In den Bezirken **Radkersburg, Leibnitz, Feldbach** und **Liezen** konnte 1997/98 die Dichte der Meßstandorte in diesem Sinne komplettiert werden, sodaß dort die Bodenzustandsinventur weitestgehend abgeschlossen ist. Nach einigen kleineren zusätzlichen Untersuchungen zur flächenhaften Detailabgrenzung der Bodenbelastungen, werden die jeweiligen Bodenzustandsberichte in den nächsten Jahren bezirksweise präsentiert werden.

Zeitplan:

Jahr	Anzahl Standorte
1999	74
2000	60
2001	24
2002	22
2003	26
2004	46
2005	22
2006	11
Summe:	285

Die schrittweise Vorgangsweise der gezielten Einrichtung von Nichttrasterstandorten, welche unter Berücksichtigung von geologischen, bodenkundlichen und speziellen Fragestellungen erfolgt, ist zwar zeitaufwendig, ermöglicht es aber mit einem Minimum an Meßstandorten ein Maximum an Aussagekraft zu erreichen.

Die nur in der Steiermark durchgeführte Wiederholungsuntersuchung der Standorte im Folgejahr nach der Erstuntersuchung erhöht die Sicherheit der Analyseergebnisse zusätzlich.

2.) Bodendauerbeobachtung durch periodisch wiederholte Untersuchungen:

Die 1996 begonnene Wiederholungsuntersuchung aller Bodenschutzstandorte in Zehn-Jahresabständen wird konsequent weiter verfolgt.

Der Abstand von 10 Jahren ist für die meisten Schadstoffe im Boden ausreichend, sodaß bereits nach 2-3 Untersuchungsdekaden Trends ausreichend dokumentiert und erkennbar sein müssen.

Folgende **essentielle Fragestellungen** des Bodenschutzes werden so eine Erklärung finden:

- Findet an bisher unbelasteten Standorten ein Schadstoffeintrag statt?
- Wie verhalten sich bestehende Schwermetallbelastungen?
⇒ Abnahme, Zunahme, Stagnation oder Tiefenverlagerung.
- Können bisher nicht pflanzenverfügbare Schwermetalle durch geringe Änderungen von Bodenparametern (z. B. pH-Wert) mobil werden und somit eine Gefährdung des Grundwassers bzw. des Pflanzenbewuchses bewirken?
- Wie verhalten sich die langlebigen Altlasten früher verwendeter Schädlingsbekämpfungsmittel aus der Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe (DDT)?
⇒ Abbau, Stagnation oder Tiefenverlagerung.
- Wie lange werden Atrazinrückstände im Boden feststellbar sein?
- Wie ist das Langzeitverhalten der krebserregenden PAH's im Boden?
- In welchen Gegenden kann es langfristig gesehen zu einer Nährstoffverarmung der Böden kommen?
- Wie schnell regenerieren sich überdüngte Böden?

Die geplanten Bodenschutzberichte der nächsten Jahre:

- Verdachtsflächen in der Steiermark (historische Berg- und Hüttenstandorte, industrielle und verkehrsbedingte Belastungen, Schottergruben und Tontaubenschießplätze).
- Zwischenergebnis der 1. Zehn-Jahreskontrolle der Untersuchungsjahre 1986 - 1989/90; inklusive der Ergebnisse eines Projektes zur Ermittlung der zeitlichen und kleinräumigen Variabilität von Untersuchungsparametern.
- Präsentation der abgeschlossenen Bodenzustandsinventuren der steirischen Bezirke (1. Bericht: Bezirk Radkersburg).



Die Bodenschutzabteilung des Landwirtschaftlichen Versuchszentrums Steiermark

Aufgabengebiete:

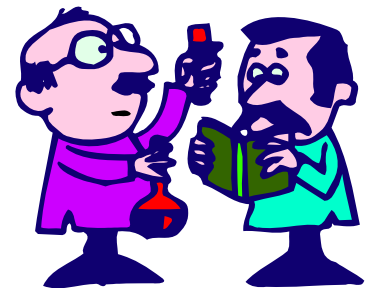
Die **Tätigkeit** der 1988 gegründeten Bodenschutzabteilung umfaßt anorganische und organische Spurenanalytik aus dem Bereich des Umweltschutzes. Im einzelnen handelt es sich dabei um folgende Aufgaben:

- Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm
- Die Untersuchungen auf Spritzmittelrückstände in Obst, Gemüse und Hopfen
- Die Bestimmung von Schwefel in Fichtennadeln
- Diverse umweltanalytische Untersuchungen

Anschrift: Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark
Bodenschutzabteilung
Burggasse 2, A-8010 GRAZ

Tel.: 0316-877-(Nebenstelle)

Personal: Dr. Mag. Wolfgang KRAINER (Tel.: 2825)
Dr. Mag. Gertrude BILLIANI (Tel.: 2418)
Ing. Sonja POSCH (Tel.: 2962)
Franz POJE (Tel.: 3970)
Heinz SONNLEITNER (Tel.: 2527)
Peter MÜNZER (Tel.: 3970)
Herbert MROSEK (Tel.: 2527)
Rudolf WEINHANDL (Tel.: 2962)



P. Münzer, Ing. S. Posch, Mag. Dr. G. Billiani, Mag. Dr. W. Krainer,
F. Poje, H. Mrosek, R. Weinhandl, H. Sonnleitner.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur der Steiermark im 4 x 4 km - Raster system:

Ausgangssituation und Durchführung der Untersuchungen:

Die in den Jahren 1986 - 1989/90 durchgeführten stichprobenartigen Untersuchungen an 119 Nichttrasterstandorten zeigten, daß an 41 % der Standorte die gesetzlichen Grenzwerte für Schwermetalle überschritten sind. An manchen Punkten sogar für mehrere Schadstoffe gleichzeitig. Daraufhin erstellte der Landeshygieniker für Steiermark 1993 ein Gutachten, in welchem die gefundenen Schwermetallbelastungen großteils als geogener Herkunft, sprich naturgegeben, erkannt wurden und zu meist eine Gefährdung nach Stand der Wissenschaft ausgeschlossen werden konnte. An einigen Standorten, wo eine Gefährdung nicht auszuschließen war, wurde ein entsprechendes Untersuchungsprojekt durchgeführt.

Eine flächenhafte Abgrenzung der Bodenbelastungen ist auf Grund der geringen Meßpunktdichte aber unmöglich. Da vor allem für das Element Arsen eine großflächige Verbreitung angenommen wird, wurden schon damals rasterförmige Untersuchungen in der Steiermark als notwendig erachtet. Da auch die bundesweiten Empfehlungen zur Erstellung der Bodenzustandsinventuren in Österreich die Errichtung eines ca. 4 x 4 km - Rasters vorsehen, wurde 1990 mit der Einrichtung von Untersuchungsstandorten im Raster system in der Steiermark begonnen. Diese wurden 1997/98 abgeschlossen.

Der vorliegende Bericht präsentiert eine Zusammenfassung der Ergebnisse aller 392 Bodenschutzstandorte im 4 x 4 km - Raster der Steiermark.

Untersuchungsergebnisse:

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.

Nährstoffe:

Generell kann die Nährstoffversorgung der untersuchten steirischen Böden als gut beurteilt werden. Nur beim **Phosphor** findet man häufig Mindergehalte. Eine lokale Unterversorgung mit Nährstoffen kann jedoch durch gezielte Düngegaben ausgeglichen werden. An Standorten, wo eine Überversorgung festgestellt wurde, ist von weiteren Düngegaben abzusehen (die Besitzer/Pächter der landwirtschaftlichen Flächen wurden von den Untersuchungsergebnissen informiert). Überdüngungen findet man am häufigsten beim **Kalium** an Ackerstandorten und in Sonderkulturen; Phosphor - Überdüngungen sind eher selten. Die relativ hohe Versorgung mit den Elementen **Magnesium**, **Mangan** und **Eisen** ist hauptsächlich naturgegeben.

Betreffend Düngegaben muß angemerkt werden, daß die Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes eine Düngeberatung nicht ersetzen können. Dazu ist eine jahreszeitlich abgestimmte und statistisch über die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche verteilte Probennahme, wie sie seit langem über Aktionen der Landwirtschaftskammer durchgeführt wird, notwendig.

Schwermetalle:

Aus den statistischen Auswertungen der Untersuchungen konnten Normalwerte für alle Schwermetalle ermittelt werden, welche den üblichen natürlichen Gehalt im Boden charakterisieren. Sie sind für eine rasche Beurteilung der gefundenen Schwermetallgehalte besser geeignet, als die gesetzlich festgelegten Grenzwerte.

Richtwerte	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
Grenzwert (ppm)	100	300	100	100	60	50	10	2	2	20
Normalwert (ppm)	50	140	30	80	60	30	1,5	0,30	0,25	40

Der Normalwert entspricht der natürlichen Bodensituation in der Steiermark und ermöglicht die leichte Erkennung von nennenswerten anthropogenen Einflüssen und geogenen Anomalien.

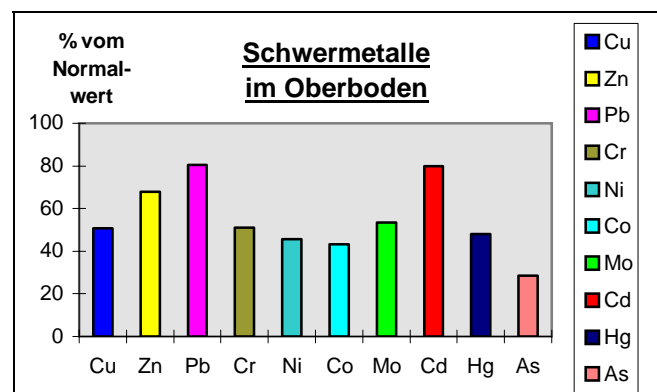


69 % der Untersuchungsstandorte weisen Schwermetallgehalte unter dem gesetzlichen Grenzwert auf und liegen zumeist (außer Blei und Cadmium) auch im Bereich üblicher natürlicher Gehalte.



An 31 % der untersuchten Standorte jedoch findet man Überschreitungen der Schwermetallgrenzwerte.

Die Schwermetalle **Blei und Cadmium** haben sich als die Schadstoffe mit der größten Umweltrelevanz erwiesen. An mehr als zwei Drittel der untersuchten Standorte besteht der Verdacht einer anthropogenen Beeinflussung mit diesen beiden Elementen. Sie überlagert den natürlichen geogenen Schwermetallgehalt des Bodens, sodaß an etwa 30 % der Standorte der Normalwert überschritten wird.



Durchschnittsgehalte der Schwermetalle

Nach Blei und Cadmium sind es die Schwermetalle **Zink und Molybdän**, welchen erhöhte Umweltrelevanz zukommt. Hier kommt es bei etwa 10 % der untersuchten Standorte zu Überschreitungen des Normalwertes.

Die anthropogenen Quellen dieser Schadstoffe sind hauptsächlich der KFZ-Verkehr und die Industrie.

In den Wein-, Obst- und Hopfenanlagen der südlichen Steiermark findet man durch die jahrelange Verwendung von Spritzmitteln oft anthropogen verursachte **Kupferbelastungen**.

Geografisch gesehen ist die Obersteiermark aufgrund ihrer geologischen und industriellen Situation stärker schwermetallbelastet, als die übrigen Teile der Steiermark.

So kommt es zum Beispiel im Gebiet der nördlichen Kalkalpen im Bereich Schneealpe - Veitsch - Hochschwab häufig zu Belastungen durch Zink, Blei, Cadmium, Quecksilber und Arsen.

Richtwertüberschreitungen in Oberböden (392 Standorte): Angaben in %

% Überschreitungen	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
> Grenzwert	1	1	3	2	5	0	0	2	0	18
> Normalwert	6	10	31	4	5	1	12	32	8	4

Betrachtet man Ober- und Unterböden, so stellt man fest, daß an ca. der Hälfte der Untersuchungsstandorte zumindest ein Schwermetall den Normalwert überschreitet. Etwa ein Drittel der Standorte weist in zumindest einem der untersuchten Bodenhorizonte erhöhte Werte über dem Grenzwert auf.

Pflanzenuntersuchungen: An den Standorten mit Grenzwertüberschreitungen wurden Pflanzenproben untersucht um einen eventuellen Transfer der Schwermetalle vom Boden in die Pflanze erkennen zu können.

Erfreulicherweise wurden trotz der oft beträchtlichen Schwermetallbelastungen des Bodens nur fallweise stärker erhöhte Schwermetallgehalte in den Pflanzen festgestellt. 70 % der untersuchten Pflanzen entsprechen üblichen, natürlichen Schwermetallgehalten. Bei den Pflanzen mit erhöhten Werten ist oft nur einer der untersuchten beiden Grasschnitte belastet. Überschreitungen der Richtwerte sind oft geringfügig und nur innerhalb der analytischen Schwankungsbreite festzustellen.

Dieser Befund kann aber nur den derzeitigen Stand repräsentieren, sodaß eine periodische Kontrolle der belasteten Standorte unumgänglich ist.

Organische Schadstoffe:



Vereinzelt wurden noch Altlasten von chlorierten Kohlenwasserstoffen (**DDT**) gefunden, doch handelt es sich dabei wahrscheinlich um lokal eng begrenzte Belastungen.

Die Bodengehalte an **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** (kurz: **PAH's**) sind meist gering. 93 % der untersuchten Standorte liegen im Bereich heute üblicher, ubiquitärer Belastung.

Diese Schadstoffgruppe krebserregender Substanzen entsteht bei jeder Art von Verbrennung (Verkehr, Industrie oder Hausbrand). Sofern PAH's nicht direkt eingeatmet werden (Zigarattenrauch) stellen sie aufgrund ihrer vernachlässigbaren Pflanzenverfügbarkeit keine unmittelbare Gefährdung dar, können aber als Hinweis für eine generelle Umweltbelastung herangezogen werden. So ist die Tatsache, daß man heute

auch auf den entlegendsten Almböden im Oberboden PAH's nachweisen kann, ein Beweis für die Fernverfrachtung von staubförmigen Schadstoffen.

5 % der untersuchten Standorte weisen erhöhte Belastungen auf und an 2 % der Punkte ist die Belastung als stark einzustufen.



Spritzmittelrückstände: Die Ergebnisse der Rückstandsuntersuchungen auf Triazinherbizide (Unkrautvernichtungsmittel) im Boden belegen, daß das Anwendungsverbot von Atrazin (seit Mai 1995) eingehalten wird. Schon in den Jahren davor konnte mengenmäßig ein umweltbewußterer Einsatz von Pflanzenschutzmitteln festgestellt werden.

⇒ Bei allen gefundenen Schadstoffen ist es nun von Interesse den weiteren **zeitlichen Verlauf** (Abnahme - Stagnation - Zunahme) zu studieren und **Herkunft** sowie die **flächenhafte Abgrenzung** der Belastungen zu eruieren.



Offene Fragen und die weitere Vorgangsweise:

- Zur Klärung von Herkunft und flächenhafter Verbreitung der Schadstoffe werden, da das Rasternetz durch den Wegfall von etwa 64 % der in der Steiermark errechneten Standorte (Wald und nicht beprobbares Gelände) sehr große Lücken aufweist, seit 1997 (vereinzelt auch schon 1990 - 1992) weitere Nichttrasterstandorte eingerichtet. Das Ende dieser Erhebungen ist voraussichtlich 2006/07 mit einer als notwendig erachteten Anzahl von 1.000 Untersuchungsstellen in der Steiermark erreicht.
- Veränderungen im Bodenzustand, speziell im Hinblick auf die Schadstoffsituation in der Steiermark, werden durch die seit 1996 durchgeführten Zehn-Jahreskontrollen aller Untersuchungsstandorte des Bodenschutzprogrammes abgeklärt. Aussagekräftige Ergebnisse sind in diesem längerfristigen Vorhaben nach 2-3 Untersuchungsdekaden zu erwarten.

Literatur

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

Metalle in der Umwelt, Ernest Merian, 1984.

Richtlinien für sachgerechte Düngung - 4. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1996.

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.

Oberösterreichischer Bodenkataster - Bodenzustandsinventur 1993.

Salzburger Bodenzustandsinventur 1993.

Niederösterreichische Bodenzustandsinventur 1994.

Steirische Bodenschutzberichte 1988 - 1997.

Diverse ÖNORMEN des Österreichischen Normungsinstitutes.

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

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

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

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

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

Eisenhut M.: Bodenverdichtung aus feldbodenkundlicher Sicht, unveröffentlichtes Manuskript, 1986.

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

Erläuterung der Abkürzungen

Die **Probenkennung der Rasterstandorte** besteht aus einem Dreibuchstaben-Code, welcher dem Auto - Kurzkennzeichen des Bezirkes (Ausnahme: Graz = **GZ**) in dem der Standort liegt entspricht, plus einem Buchstaben aus dem laufenden Alphabet zur weiteren Unterteilung. Zum Beispiel: DLB bedeutet Standort im Bezirk Deutschlandsberg im willkürlich vergebenen Unterbereich B.

Die Kurzkennzeichen der einzelnen Bezirke lauten:

BM	Bruck / Mur	HB	Hartberg	LI	Liezen
DL	Deutschlandsberg	JU	Judenburg	MZ	Mürzzuschlag
FB	Feldbach	KN	Knittelfeld	MU	Murau
FF	Fürstenfeld	LB	Leibnitz	RA	Radkersburg
GU	Graz - Umgebung	LE	Leoben	VO	Voitsberg
WZ	Weiz				

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.: ng/g (Nanogramm pro Gramm)

IMPRESSUM

Herausgegeben von:

Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark
Direktor: Hofrat Univ.Prof. Dr. Ing. Michael KÖCK,
Burggasse 2, 8010 Graz

Redaktion, Layout und Inhalt:

Mag. Dr. Wolfgang KRAINER
Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark
(Bodenschutzabteilung)

Unter Mitarbeit von:

Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft
Institut für Bodenwirtschaft - Außenstelle Graz
(Bodenkundliche Betreuung)

Mag. Dr. Gertrude BILLIANI (Berichte: Erosion und Verdichtung)
und MROSEK Herbert (EDV)
Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark
(Bodenschutzabteilung)

