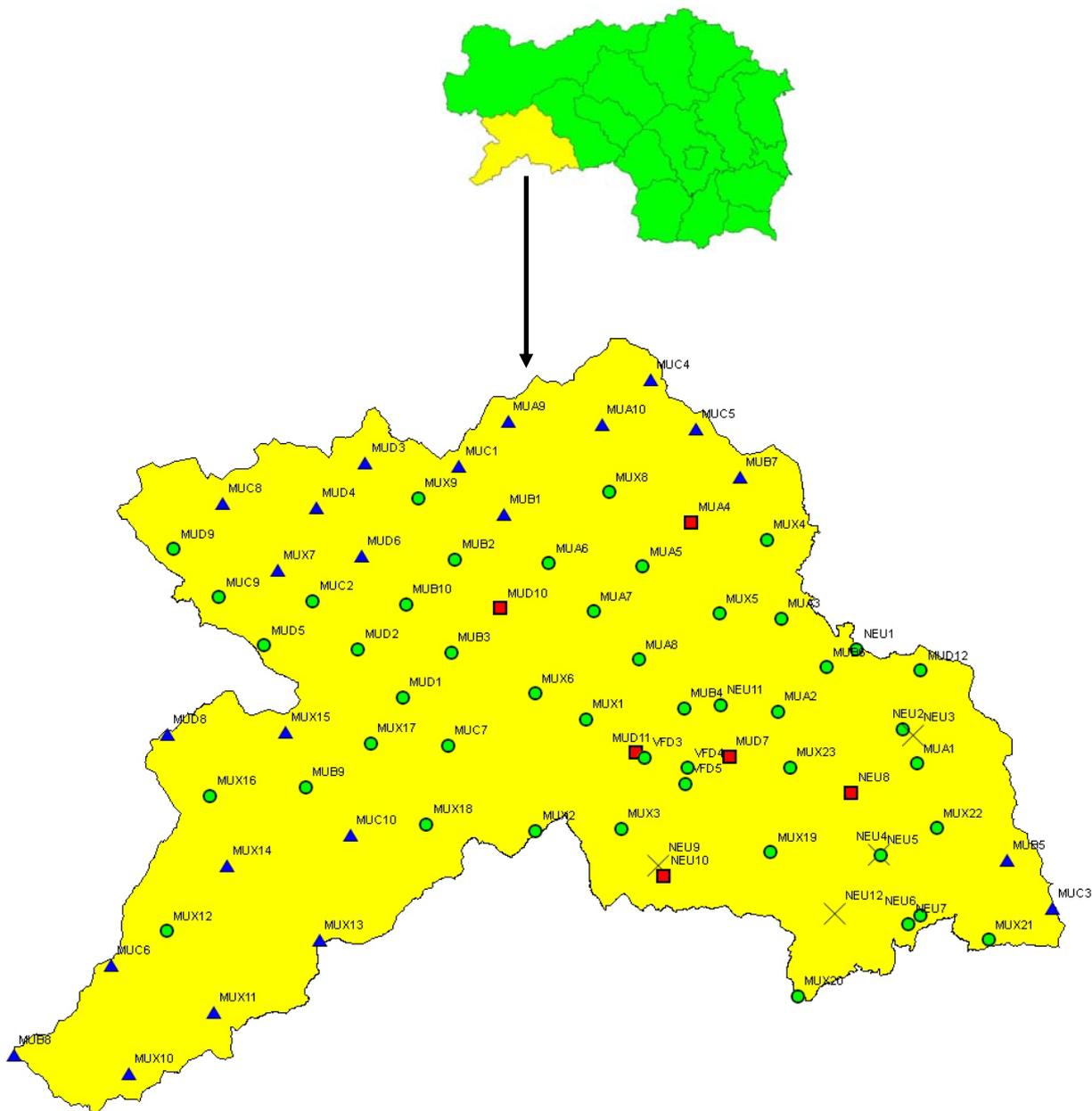


Bodenzustandsinventur Bezirk Murau

Bodenschutz-
bericht

2007



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



Das Land
Steiermark

FA10B - Landwirtschaftliches
Versuchszentrum
Referat Boden- und Pflanzenanalytik



LANDESRAT JOHANN SEITINGER

Vorwort

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



In den vergangenen sechs Jahren wurde über jene steirischen Bezirke, in denen die Bodenzustandsinventur bereits abgeschlossen ist, berichtet (Radkersburg, Leibnitz, Deutschlandsberg, Feldbach, Fürstenfeld und Hartberg).

Der vorliegende Bodenschutzbericht 2007 präsentiert die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Murau und diskutiert in bewährter Weise die gegebene Nährstoffversorgungs- und Schadstoffbelastungssituation der landwirtschaftlich genutzten Böden.

Eine Studie der Universität für Bodenkultur in Wien hat es vor kurzem deutlich aufgezeigt, dass Bodenschutz auch ein unverzichtbarer Bestandteil jeder Klimaschutzstrategie sein muss. Auch in diesem Sinn ist die hervorragende Arbeit dieses Berichtes hervorzuheben.

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

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

Inhaltsangabe

	Seite
<u>Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Murau</u>	
Zusammenfassung	3
1. Zielsetzung und gesetzlicher Auftrag	6
2. Durchführung der Untersuchungen	7
3. Geologie	11
4. Bodentypen	15
5. Bodenbildendes Ausgangsmaterial	19
6. Erosion	21
7. Bodenverdichtung	23
8. Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur	25
Allgemeines	26
Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe	29
Sand, Schluff, Ton	29
Humus	31
pH-Wert	33
Kalk	35
Phosphor	37
Kalium	39
Magnesium	41
Bor	43
Die EDTA-extrahierbaren Spurenelemente Cu, Zn, Mn + Fe	45
Die austauschbaren Kationen Ca, Mg, K + Na	48
Das wasserextrahierbare Fluor	51

Inhaltsangabe

	Seite
Schwermetalle	53
Allgemeines	53
Kupfer	58
Zink	59
Blei	60
Chrom	61
Nickel	62
Kobalt	63
Molybdän	64
Cadmium	65
Quecksilber	66
Arsen	67
Untersuchung von Pflanzenproben	68
Organische Schadstoffe	71
Die chlorierten Kohlenwasserstoffe HCB, Lindan + DDT	71
Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe	73
Triazin - Rückstände	76
Erläuterung der Abkürzungen	77
Literatur	78
Impressum	79

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Murau:

Ziel und Durchführung der Untersuchungen:

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

Um diesem Auftrag gerecht zu werden, wurden vom Referat Boden- und Pflanzenanalytik des Landwirtschaftlichen Versuchszentrums in den Jahren 1988 - 1999 **80 Untersuchungsstandorte im Bezirk Murau** eingerichtet und die Böden auf die vom Gesetz geforderte Vielzahl von Parametern (allgemeine Bodenparameter, Nähr- und Schadstoffe) untersucht.

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

Untersuchungsergebnisse:

Allgemeine Bodenparameter:

Der **Humusgehalt** aller im Bezirk Murau untersuchten 80 Böden ist in Ordnung.

pH-Wert oder **Säuregrad**: Der Prozentsatz der als „sauer“ eingestuften Böden im Bezirk Murau entspricht in etwa jenem der landesweiten Untersuchungsergebnisse. 93 Prozent der untersuchten Standorte liegen im weitgehend kalkfreien Bereich unter 1 % **Kalkgehalt** im Boden. Um einen ausreichend hohen Säuregrad im Boden zu erreichen bzw. zu erhalten sind daher Gesundungs- bzw. Erhaltungskalkungen notwendig.

Nährstoffe, Spurenelemente und das wasserlösliche Fluor:

Phosphor und **Kalium**: Beide Nährstoffe weisen im Vergleich zum Landesdurchschnitt seltener Überdüngungen auf. Beim Kalium ist der Großteil der untersuchten Standorte ausreichend versorgt und beim Phosphor wurde an 40 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen ein Nährstoffmangel festgestellt.

Zur Korrektur sind Düngegaben exakt auf den jeweiligen Nährstoffbedarf der Pflanzen abzustimmen. An den überdüngten Flächen sind die Düngegaben zu reduzieren (die Besitzer/Pächter der landwirtschaftlichen Flächen wurden von den Untersuchungsergebnissen informiert). Versorgungsmängel können durch gezielte Nährstoffgaben ausgeglichen werden. In jedem Fall wird empfohlen Düngungsmaßnah-

men nur entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung und laut Düngeplan (z. B. der Düngeberatungsstelle der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft) durchzuführen.

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

Bor: Der Großteil der untersuchten Standorte liegt im mittleren Gehaltsbereich. An den untersuchten Ackerstandorten, wo ein sehr niedriger Borgehalt im Falle einer Kultivierung von borbedürftigen Pflanzen Probleme bereiten kann, wurde kein Nährstoffmangel festgestellt.

Die pflanzenverfügbaren Spurenelemente Kupfer, Zink, Mangan und Eisen:

Wie bei der landesweiten Bodenzustandsinventur liegen die Spurenelementgehalte der untersuchten Murauer Böden beim Kupfer und Zink zum überwiegenden Teil im mittleren und bei Mangan und Eisen im hohen Versorgungsbereich.

An einigen Standorten wurden niedrige Gehalte der Elemente Kupfer bzw. Mangan festgestellt – Mangelerscheinungen sind derzeit aber nicht bekannt.

Die austauschbaren Kationen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium:

Die Nährstoffbilanz der im Bezirk Murau untersuchten Standorte ist großteils in Ordnung. Probleme an einigen landwirtschaftlich genutzten Böden lassen sich aber meist durch eine Anhebung des pH-Wertes (Kalkung) korrigieren.

Das wasserlösliche Fluor: Erhöhte Fluorgehalte (über 1,2 mg/kg) sind entweder ein Indiz auf Immissionen aus industriellen Prozessen, oder werden über Verunreinigungen in Düngemitteln in den Boden eingetragen. Im Bezirk Murau findet man im Vergleich zu den landesweiten Untersuchungsergebnissen auf Grund der wenig intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und dem Fehlen von großindustriellen Emittenten deutlich seltener erhöhte Fluorgehalte im Boden. Schädigungen an Pflanzen sind derzeit in der Steiermark auch bei Standorten mit sehr hohem Anteil an wasserlöslichem Fluor nicht bekannt.

Schwermetalle:

Die Schwermetallgehalte der Böden im Bezirk Murau liegen zumeist (86 % der untersuchten Standorte weist Richtwertüberschreitungen auf) über jenen des Landesdurchschnittes, was auf die höhere naturgegebene geogene Grundbelastung des bodenbildenden Ausgangsmaterials zurückzuführen ist. Anthropogen verursachte Einträge sind bei den ubiquitär vorhandenen Schadstoffen **Blei**, **Cadmium** und in geringerem Ausmaß beim **Molybdän** nachweisbar.

An den Standorten mit Grenzwertüberschreitungen wurden **Pflanzenproben** untersucht, wobei bei den Elementen **Chrom** und **Nickel** relativ häufig erhöhte Gehalte festgestellt wurden. Richtwerte der Futtermittel-Verordnung 2000 sind davon nicht betroffen.

Organische Schadstoffe:

HCB- und Lindan-Rückstände konnten nicht nachgewiesen werden.

DDT-Rückstände wurden 1988/89 nur am Ackerstandort **NEU 10** festgestellt. Eine Gefährdung besteht nach bisherigem Wissensstand nicht, da der im Boden festgestellte Schadstoff immobil und nicht pflanzenverfügbar ist. DDT-Rückstände werden - obwohl schon seit Jahrzehnten nicht mehr verwendet - wegen ihrer großen Persistenz immer noch in Böden gefunden. Es handelt sich bei den Belastungen um lokal eng begrenzte Rückstände mit sehr großer lokaler Variabilität. In diesem Zusammenhang ist auch die Tatsache, dass bei der ersten Zehnjahreskontrolle 1998 keine Rückstände gefunden wurden als Indiz für die Inhomogenität des Schadstoffes im Boden und nicht für dessen Abbau zu werten.

Belastungen mit **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** sind ein Hinweis auf Schadstoffeinträge aus Verbrennungsprozessen. Im Bezirk Murau sind die Bodengehalte für diese Schadstoffe generell sehr niedrig. Sie liegen an den meisten untersuchten Standorten im normalen Bereich ubiquitärer Belastung. Nur sechs Untersuchungsstandorte weisen eine höhere Belastung auf. An vier dieser Standorte (Auböden) dürfte der Eintrag aus Überschwemmungsereignissen stammen, an zwei Untersuchungsstellen ist die Herkunft ungeklärt.

Die Rückstandsuntersuchungen auf **Triazinherbizide** (Unkrautvernichtungsmittel) im Boden der ackerbaulich genutzten Standorte lassen keine Belastungen erkennen.

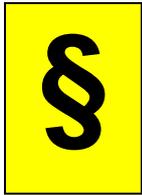
Das weitere Vorgehen

Die in diesem Bericht präsentierte Bodenzustandsinventur des Bezirkes Murau ist ein wichtiger Schritt in der Erweiterung unserer Kenntnisse über den Boden. Erst über das Wissen bestehender Belastungen und die generelle Belastbarkeit von Böden ist es möglich, geeignete Maßnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und für einen umfassenden Schutz unserer Lebensgrundlage Boden treffen zu können. Der nächste Schritt im Sinne eines nachhaltigen Bodenschutzes ist die **Bodendauerbeobachtung**, welche in Form von Kontrollen im Zehn-Jahresabstand in der Steiermark bereits 1996 begonnen worden ist.

Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Murau

1. Zielsetzung und gesetzlicher Auftrag

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

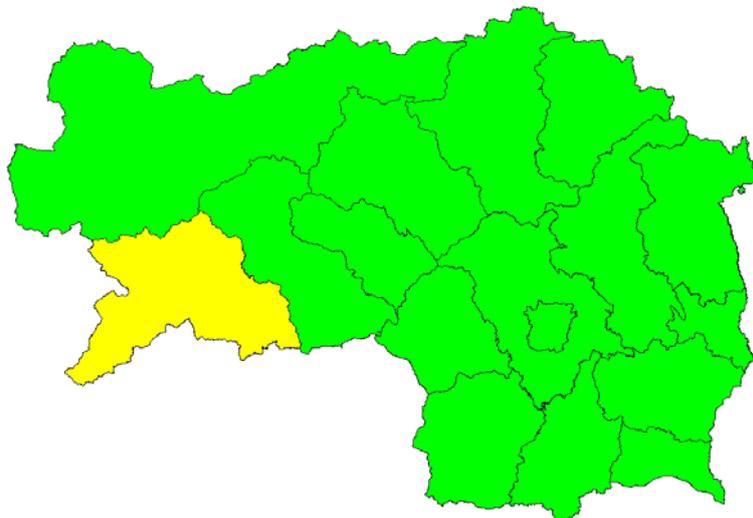


Der gesetzliche Auftrag dazu erfolgte 1987 durch das **Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzgesetz** (LGBl. Nr. 66 / 1987) und die **Bodenschutzprogrammverordnung** (LGBl. Nr. 87 / 1987).

Im **Bezirk Murau** wurde 1988/89 mit der Einrichtung von 12 Untersuchungsstandorten nach bodenkundlichen und umweltthematischen Kriterien begonnen und 1992 und 1995 das Untersuchungsnetz im 4 x 4 km Rastersystem um 42 zusätzliche Kontrollpunkte erweitert. 1997 und 1999 wurde mit der Untersuchung von 26 weiteren, verdichtenden Standorten das Untersuchungsnetz komplettiert.

Teile der Untersuchungsergebnisse wurden in den Bodenschutzberichten der vergangenen Jahre schon präsentiert - so auch die ersten Ergebnisse der Zehn-Jahreskontrollen an den Standorten NEU 1-12 (Bodenschutzbericht 2000).

Der vorliegende Bodenschutzbericht fasst die Ergebnisse aller durchgeführten Untersuchungen - in welche nun auch die bislang nicht diskutierten Ergebnisse der letzten 23 Verdichtungsstandorte von 1999 mit einfließen - zusammen und stellt so ein umfassendes Bild der Bodenzustandsinventur des Bezirkes Murau dar.



2. Durchführung der Untersuchungen

Vorgangsweise beim Aufbau des Untersuchungsnetzes

Rasterstandorte:

Mittels eines computergestützten Rechenmodells wurden als erster Schritt die genauen Koordinaten der Standorte berechnet. Für den Bezirk Murau ergaben sich 63 Standorte im Rasterabstand von 3889 x 3889 m. Diese Punkte wurden dann mit größtmöglicher Genauigkeit in die Österreichkarte 1:50.000 eingezeichnet.

Nun wurden jene Punkte, welche laut Karte auf Waldböden fallen, ausgesondert und es ergab sich eine Soll - Anzahl von 45 Rasterstandorten, welche es von der Bodenzustandsinventur zu erfassen galt. Drei Standorte davon fallen in nicht beprobbares Gebiet, sodass letztlich **42 Rasterstandorte** untersucht wurden. Die Bodenprobenahmen an diesen Untersuchungsstellen wurden 1992 begonnen und im Jahre 1996 (Wiederholungsprobenahmen) abgeschlossen.

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

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

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

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

Nichtrasterstandorte:

Zur Abklärung spezieller Fragestellungen und um die Lücken im Untersuchungsnetz, welche durch den Wegfall einiger Standorte (Wald, nicht beprobbares Gelände) entstanden sind zu schließen, wurden **38 Nichtrasterstandorte** untersucht.

In Summe wurden im Bezirk Murau 80 Untersuchungsstandorte eingerichtet.

Probennahme

Das Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm sieht vor, dass die Untersuchungsstandorte im ersten Jahr in mehreren Bodenhorizonten (Tiefenstufen) untersucht werden und dass im Folgejahr zur Absicherung dieser Ergebnisse eine Kontrollanalyse des Oberbodens stattfindet. Auf diese Weise wurden an den 80 Untersuchungsstandorten im Bezirk Murau **333 Bodenproben** untersucht.

Geländearbeit:

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

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



Bezeichnung der 80 Untersuchungsstandorte:

Erstprobennahme	Standortbezeichnung	Anzahl der Standorte
1988	NEU 1-11	11
1989	NEU 12	1
1992	MUA 1-10, MUB 1-10, MUC 1-10, MUD 1-7	37*
1995	MUD 8-12	5*
1997	VFD 3-5	3
1999	MUX 1-23	23

* Rasterstandorte

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

Standortnutzung

Flächenhafte Verteilung der Nutzungsformen im Bezirk Murau:

Bodenfläche nach Nutzung in ha:

Jahr	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen	Gesamtfläche**
1981	53.265,04	75.606,93	9.578,71	138.450,68
1991	52.479,75	76.185,98	9.793,09	138.458,82
2005	48.625,71	82.590,92	7.241,45	138.458,08

* inkl. Gärten und Almen

** Flächenänderungen vermessungstechnisch bedingt.

Bodenfläche nach Nutzung (% - Anteil):

Jahr	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen
1981	38,5	54,6	6,9
1991	37,9	55,0	7,1
2005	35,2	59,7	5,1
Steiermark gesamt (2005)	33,4	57,1	9,5

* inkl. Gärten und Almen

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

Grob gesprochen wird etwas mehr als ein Drittel der Bezirksfläche von Murau land- und rund 60 % forstwirtschaftlich genutzt. Aus dem zeitlichen Vergleich erkennt man, dass die landwirtschaftliche Nutzfläche zu Gunsten des Waldes einen abnehmenden Trend aufweist.

Der Schwerpunkt der Betriebsgrößen liegt bei 10 - 50 ha. Die Mehrzahl der Betriebe wird im Nebenerwerb geführt. Bei den größeren Betrieben hat wegen des erhöhten Waldanteils die forstwirtschaftliche Nutzung einen bedeutenden Anteil am Erwerb.

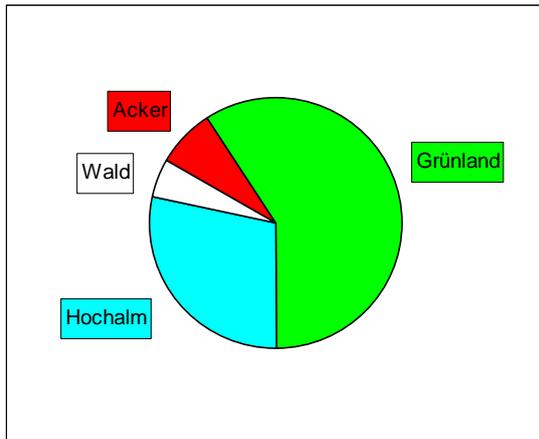
Auf den Terrassen, den pleistozänen Schotterfluren, den Schwemmkegeln und in einem Teil des Auegebietes wird häufig Wechselwirtschaft betrieben. Die vorübergehende Ackernutzung erfolgt meist mit Getreide, aber auch Kartoffel, Silomais, Klee-gras und sonstigen Feldfrüchten.

Die Berglagen und jener Teil des Auegebietes, der stark grundwasserbeeinflusst ist, werden vorwiegend als Grünland genutzt. Ackernutzung ist hier meist auf kleine Flächen beschränkt.

Das Dauergrünland ist im Allgemeinen zweischnittiges Wiesenland, auf dem im Herbst eine Nachweide stattfindet.

Quelle: Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000 der Österreichische Bodenkartierung: Kartierungsbereich Murau (KB 112) 1986.

Die landwirtschaftliche Nutzung an den Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes:

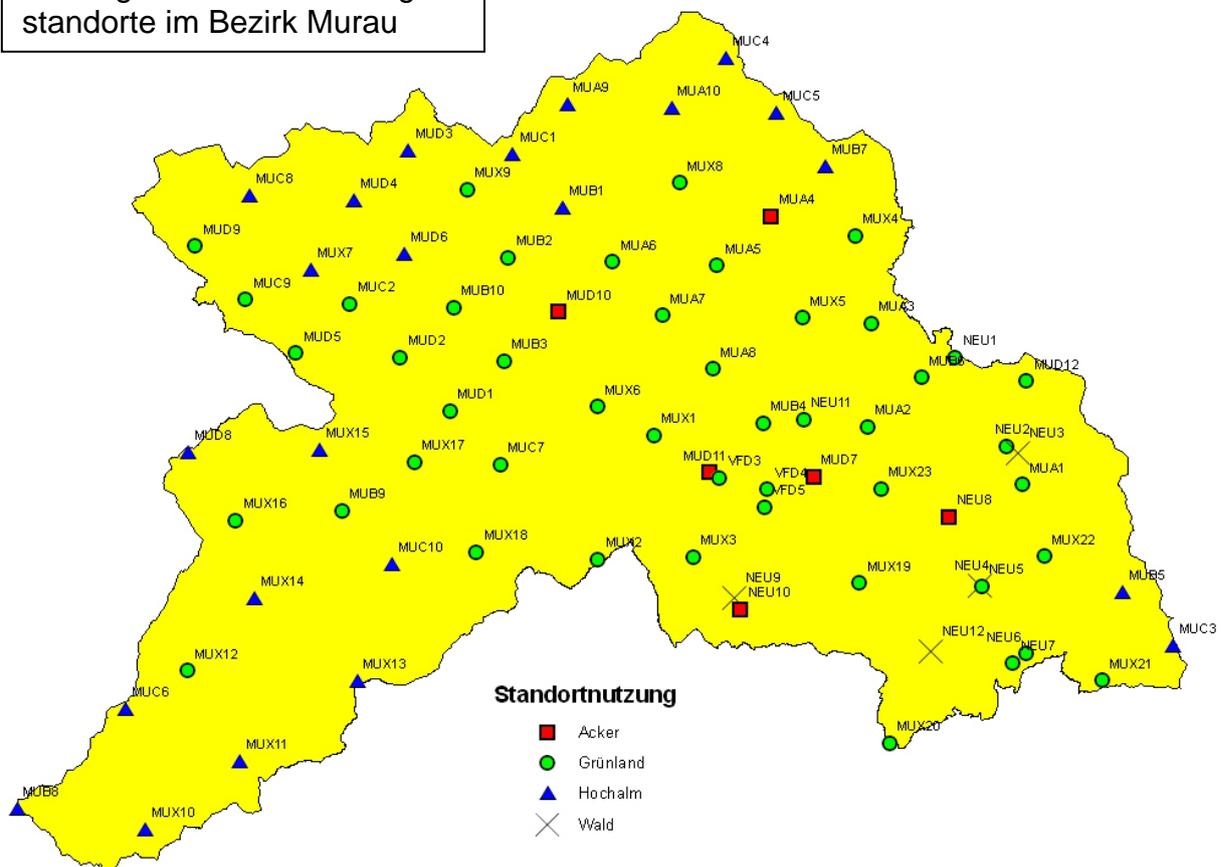


7,50 % Acker (6 Standorte)
 58,75 % Grünland (47 Standorte)
 28,75 % Hochalm (23 Standorte)
 5,00 % Wald (4 Standorte)

Der Standort **MUA 4** wurde zum Zeitpunkt der Erstbeprobung als Grünland genutzt und vor der Wiederholungsuntersuchung umgeackert, sodass er nun als Wechsel-land anzusprechen ist. In der obigen Darstellung wurde er als Acker gezählt.

Dies ist insofern von Bedeutung, als bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse unter Umständen die geänderte Probennahmetiefe des Oberbodens (1992: 0-5 cm, 1993: 0-20 cm) geänderte Gehalte vortäuschen kann.

Die Lage der Untersuchungsstandorte im Bezirk Murau

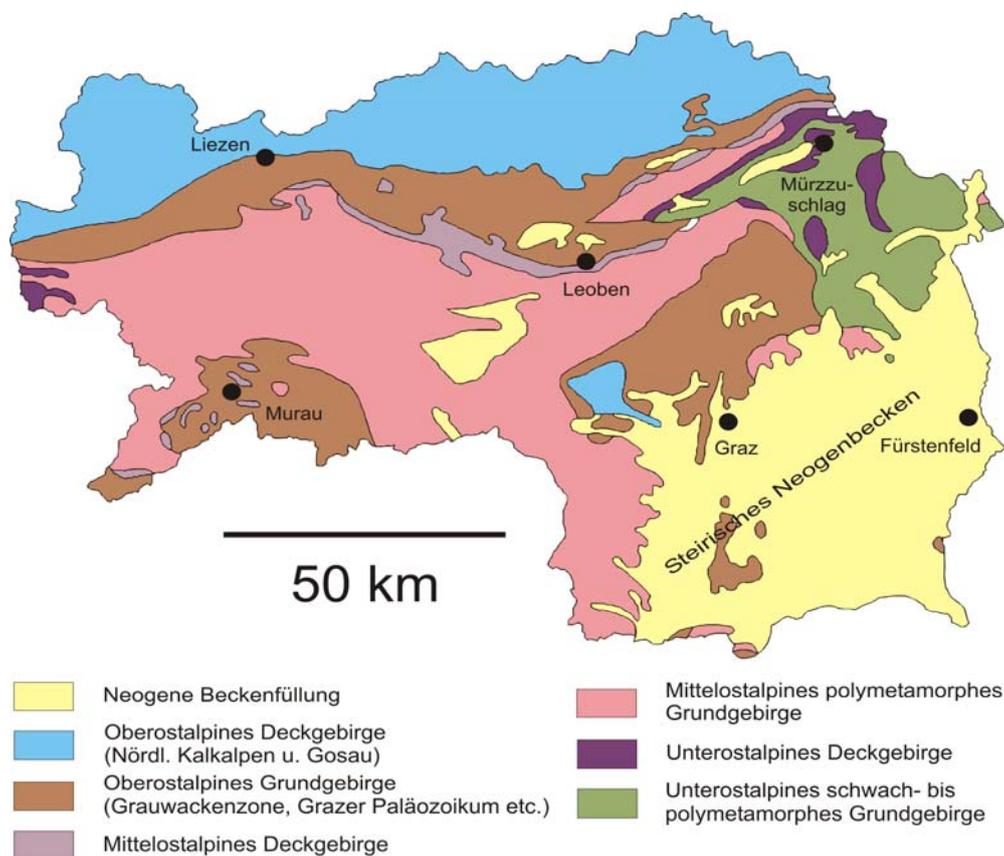


3. Geologie

Die Geologie der Steiermark

(Dr. Ingomar Fritz, Landesmuseum Joanneum – Geologie & Paläontologie, Graz)

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



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

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

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

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

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

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

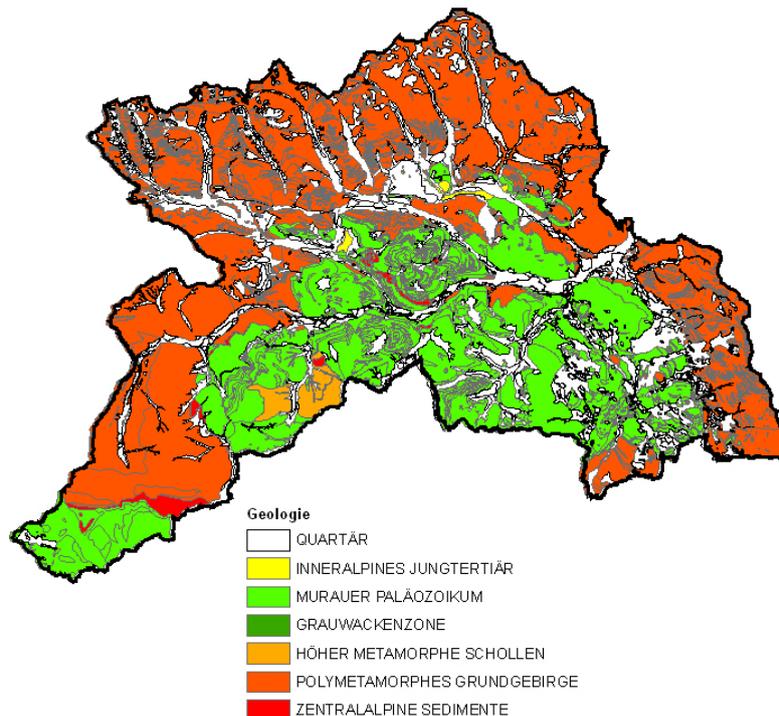
Die quartären Ablagerungen umfassen Bildungen der letzten 1,8 Millionen Jahre. Den größeren Anteil hat das durch einen klimatischen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten charakterisierte Pleistozän, die letzten 10.000 Jahre entfallen auf die geologische Jetztzeit, das Holozän.

Während der Kaltphasen des Pleistozäns baute sich in den Alpen eine mächtige Vergletscherung, ein so genanntes Eisstromnetz, auf. Im Bereich des Randgebirges (Steirisches Randgebirge, Wechsel) kam es nur noch zur Ausbildung von Kar- und kurzen Talgletscherzungen. Außerhalb des glazialen Gebietes herrschte im Pleistozän glazifluviale bzw. rein periglaziale Morphodynamik.

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

Geologische Zeittafel
(in Millionen Jahren)

Geologie im Bezirk Murau



Karte: GIS

Die geologischen Großräume im Bezirk Murau:

Quartär: In diesen Bereich fallen jene geologischen Ereignisse, welche sich in den letzten 1,8 Millionen Jahren ereignet haben. Im Wesentlichen handelt es sich um die Veränderungen der Erdoberfläche durch die 4 Eiszeiten Günz, Mindel, Riß und Würm, sowie um Ablagerungen und Veränderungen aus jüngster Zeit.

Dazu zählen: Terrassensedimente, Moränen, Hangschutt, Material der Schwemmkegel und Talböden, Moore und anthropogene Ablagerungen (Halden, Deponien).

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

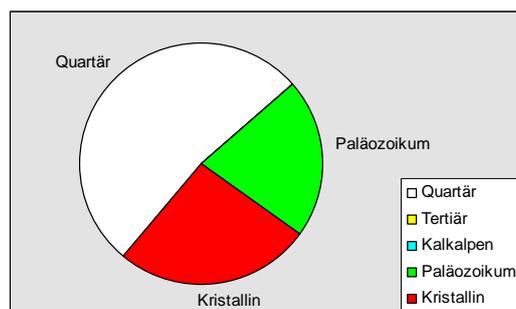
Paläozoikum: Dazu zählen geologische Formationen aus der Zeit des Erdaltertums von ca. 230 - 580 Millionen Jahren. In der Steiermark handelt es sich um die Gebiete des Murauer- und Grazer Paläozoikums, sowie kleinerer Bereiche im Sausal.

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

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

Die Verteilung der 80 Standorte des Bodenschutzprogrammes hinsichtlich der geologischen Großräume:

Geologischer Großraum	Standortbezeichnung	Anzahl Standorte
Quartär	NEU 1, 2, 3, 7, 8, 10, 11 + VFD 5 MUA 1, 2, 6, 8 + MUB 2, 4, 6 + MUC 9 MUD 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12 MUX 3 - 5, 7 - 13, 15, 16, 18 - 23	42
(Murauer) Paläozoikum	NEU 4, 5, 6, 9, 12 + VFD 3, 4 MUA 5, 7 + MUB 3, 8, 9 + MUC 7, 10 MUX 1, 2, 6	17
Kristallin	MUA 3, 4, 9, 10 + MUB 1, 5, 7, 10 MUC 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 + MUD 3, 4, 5, 6 MUX 14, 17	21



Verteilung der untersuchten Standorte

4. Bodentypen

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

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

Im Bezirk Murau findet man folgende Bodentypen:

Niedermoore:

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

Anmoore:

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

Im Bereich von Quellaustritten findet man fallweise kleinräumige Hangniedermoore.

Auböden:

Dies sind Böden, welche aus (jungem) Schwemmmaterial entstanden sind und die Audynamik (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 Euredsinen, Pararendsinen oder Rankern:

Euredsinen:	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.

Pseudogleye:

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

Staunässe 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.

Bodentypen in den einzelnen Landschaftsräumen des Bezirkes Murau:

Entsprechend der geologischen Entwicklung und der Oberflächenausformung lassen sich im Bezirk Murau grob gesehen folgende Landschaftsräume unterscheiden:

Die Böden des Augebietes:

Die Ausgangsmaterialien sind vorwiegend junge, sandige bzw. schluffige Ablagerungen der Mur und ihrer Seitenbäche. Die daraus entstandenen Auböden sind meist kalkfrei oder kalkarm.

Die Böden auf Schwemmkegeln und Schwemmfächern:

Die jüngeren Böden sind, zumindest teilweise, vermurungs- oder überschwemmungsgefährdet; es sind daher naturbedingte Grünlandstandorte. Die Bodentypen in diesem Bereich sind meist vergleyte Lockersedimentbraunerden und Gleye und ein Boden, der einem Grauen Auboden stark ähnelt.

Die älteren Schwemmkegel und Schwemmfächer, die im Spätglazial oder in der unmittelbaren Nacheiszeit entstanden, sind größtenteils auch für Ackernutzung gut geeignet. Neben Lockersedimentbraunerden findet man hier auch Ranker, Schwemm Böden und Farbortsböden.

Die Böden der pleistozänen Schotterfluren:

Die Terrassenböden dieses Naturraumes sind meist kalkfrei. Da sie eben oder fast eben sind, stellen sie bevorzugte Ackerstandorte dar. Die Böden der Hanglagen aus pleistozänem und sonstigem Quartärmaterial hingegen sind auf Grund der Neigung nur bedingt ackerbar. Die dominierenden Bodentypen sind Lockersedimentbraunerden und Ranker.

Die Böden auf Moränen:

Auf dicht gelagertem, kalkfreiem Moränenmaterial finden wir meistens Ranker, welche nur bedingt ackerfähig sind. Auf dem weniger verbreiteten kalkigen Moränenmaterial sind Pararendsinen entstanden.

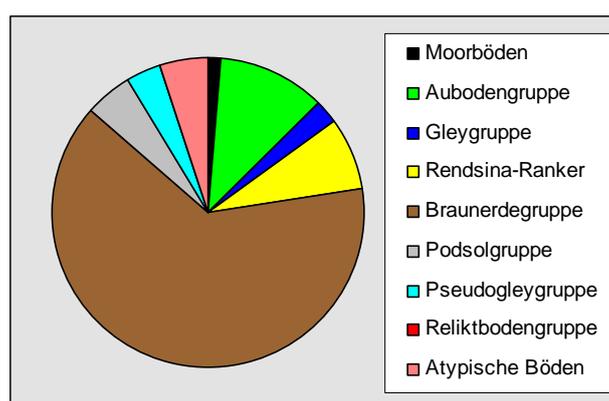
Die Böden auf anstehendem Gestein:

Die Ausgangsmaterialien sind kristalline Schiefer, Kalke, sowie dunkle Schiefer. Als vorherrschende Bodentypen finden wir Ranker, Pararendsinen und Felsbraunerden.

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

Bodentypen	ha	%	Standorte im Bodenschutzprogramm	
			Bezeichnung	Anzahl
Moorböden	1.430	4,69	NEU 7	1
Aubodengruppe	1.834	6,02	MUA 2 + MUB 4, 6 + MUD 2 + MUX 5, 12, 16, 20 + NEU 1	9
Gleygruppe	542	1,78	MUA 4 + MUX 8	2
Rendsina - Ranker	9.553	31,36	MUA 7, 8 + MUC 2 + MUD 3 + NEU 5, 6	6
Braunerdegruppe	16.200	53,18	Alle übrigen Standorte	51
Podsol	0	0,00	MUC 4, 6 + MUD 4, 6	4
Pseudogleygruppe	116	0,38	MUA 6 + MUX 22 + NEU 8	3
Reliktbodengruppe	789	2,59	---	0
Atypische Böden	0	0,00	MUC 7 + MUD 11 + MUX 10 + VFD 3	4
Summe:	30.464	100,00		80

Die von der Bodenkartierung bearbeitete Fläche von 30.664 ha entspricht der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Bezirkes zum Zeitpunkt der bodenkundlichen Erfassung.



Verteilung der untersuchten Standorte

Quellen: Niederösterreichische Bodenzustandsinventur 1994.

Erläuterungen zur Bodenkarte 1:25.000 der Österreichische Bodenkartierung: Kartierungsbereich Murau (KB 112) 1986; Kartierungsbereich Neumarkt (KB 104) 1985; Kartierungsbereich Oberwölz (KB 136) 1991.

5. Bodenbildendes Ausgangsmaterial

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

Vulkanite

Metamorphe Gesteine

Quarzit
Gneis, Granulit
Amphibolit
Grünschiefer, Chloritschiefer
Phyllit
Glimmerschiefer
Marmor

Feste Sedimentgesteine

Konglomerat, Brekzie
Sandstein
Mergel
Kalk
Dolomit

Lockersedimente

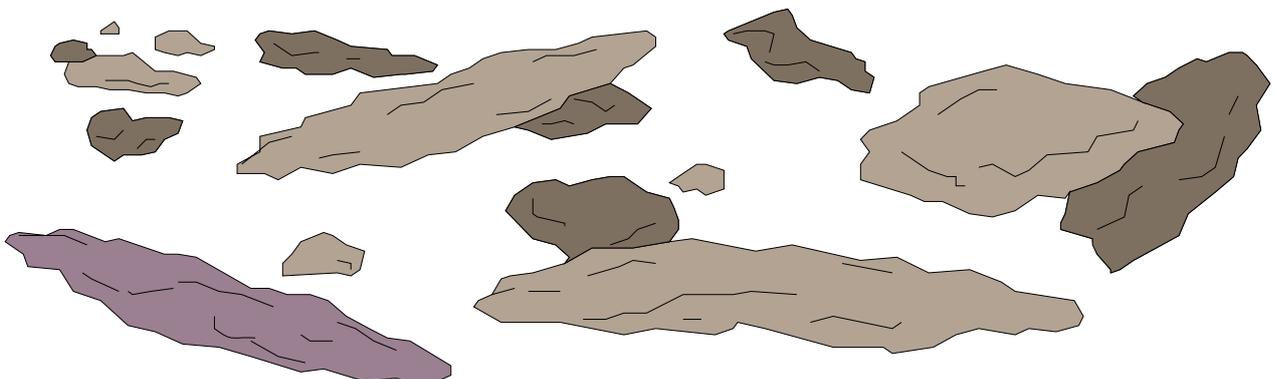
Grobe Lockersedimente
Schotter
Moräne
Hangschutt

Feine Lockersedimente

Grobe und feine Lockersedimente gemischt

Anthropogene Ausgangsmaterialien (Planiermaterial)

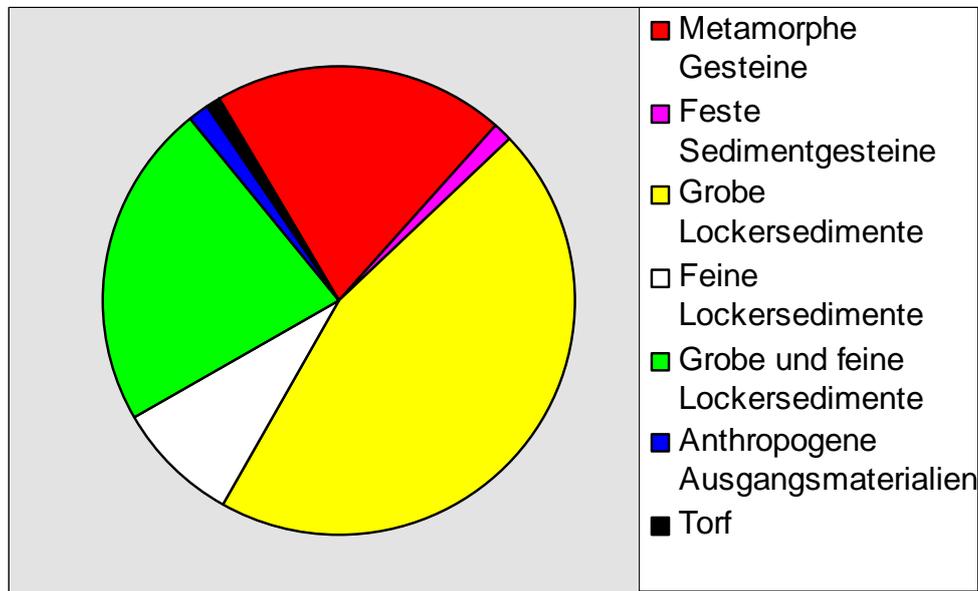
Torf



Die Verteilung des bodenbildenden Ausgangsmaterials im Bezirk Murau:

Ausgangsmaterial	Standorte	Anzahl
Vulkanite	---	0
Metamorphe Gesteine	MUA 4, 7, 10 + MUB 8, 9, 10 + MUC 2, 7 + MUD 3, 4 + MUX 1, 14 + NEU 4, 5 + VFD 3, 4	16
Feste Sedimentgesteine	NEU 6	1
Grobe Lockersedimente	Alle übrigen Standorte	36
Feine Lockersedimente	MUA 2 + MUX 5, 12, 16, 20, 23 + NEU 1	7
Feine und grobe Lockersedimente	MUA 8 + MUB 2, 3, 4, 6 + MUC 9 + MUD 2, 7, 9, 10, 11, 12 + MUX 9 + NEU 2, 3, 10, 11 + VFD 5	18
Anthropogene Ausgangsmaterialien	MUX 10	1
Torf	NEU 7	1

Das bodenbildende Ausgangsmaterial der im Bezirk Murau untersuchten Standorte besteht aus metamorphen Gesteinen und Lockersedimenten.



Das bodenbildende Ausgangsmaterial der untersuchten Standorte

6. Erosion

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

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

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

Ursachen der Bodenerosion:

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

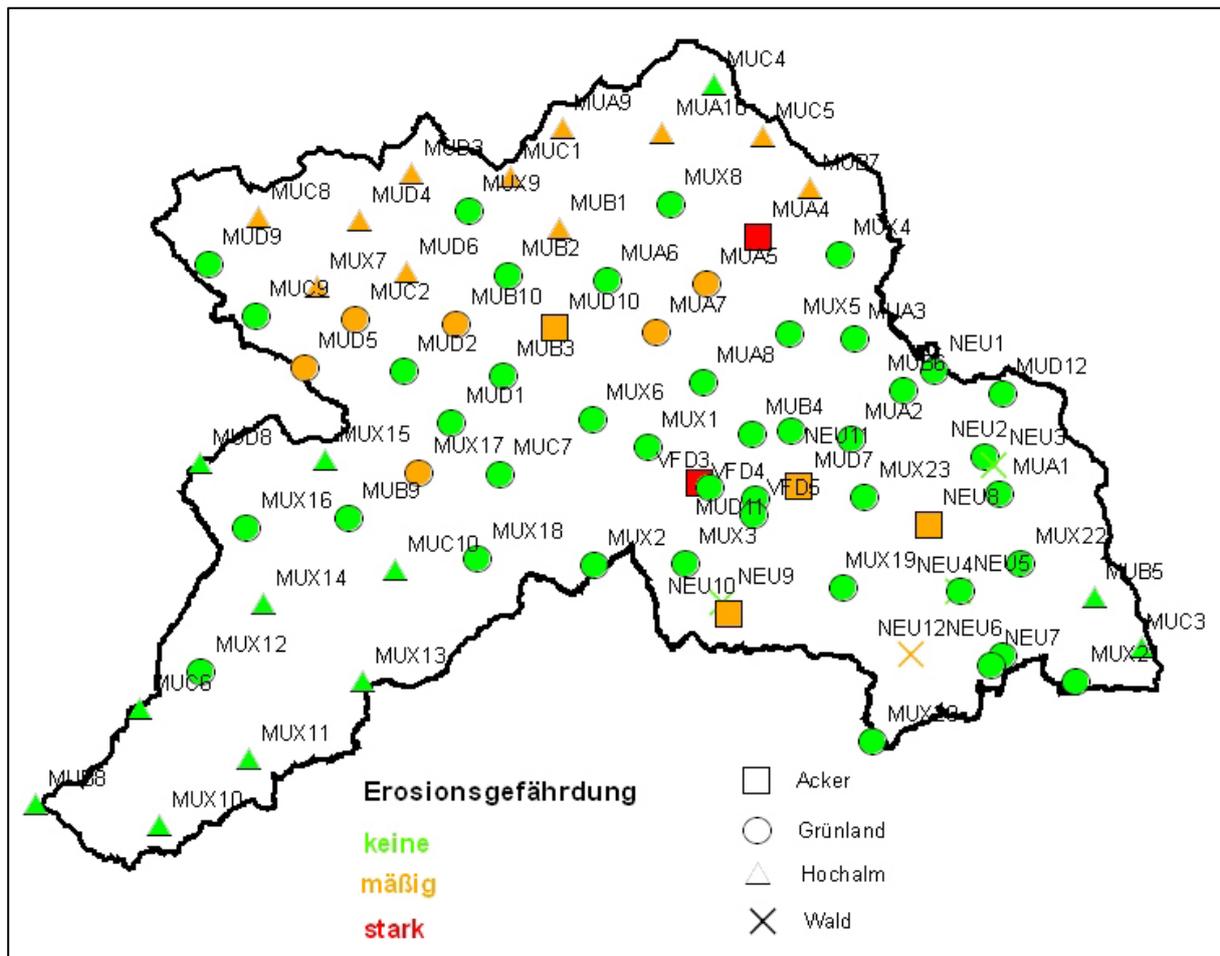
Eine **grobe Abschätzung der Erosionsgefährdung** der Untersuchungsstandorte des Bodenschutzprogrammes erfolgte entsprechend der nachstehenden Tabelle nach **Nutzungsart** und **Hangneigung**:

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

Von den 80 Untersuchungsstellen des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Murau sind nach dieser groben Abschätzung 22 Standorte **mäßig** stark und die Ackerstandorte **MUA 4** und **MUD 11** **stark** erosionsgefährdet.

An den übrigen 56 Untersuchungsstandorten besteht **keine** Gefahr von Erosion.

Die Erosionsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Murau:



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.

Fruchtfolgen mit hohem Bedeckungsgrad sind ebenfalls geeignet.

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

7. Bodenverdichtung

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

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

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

Zu den vom Menschen verursachten Einwirkungen zählen:

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

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

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

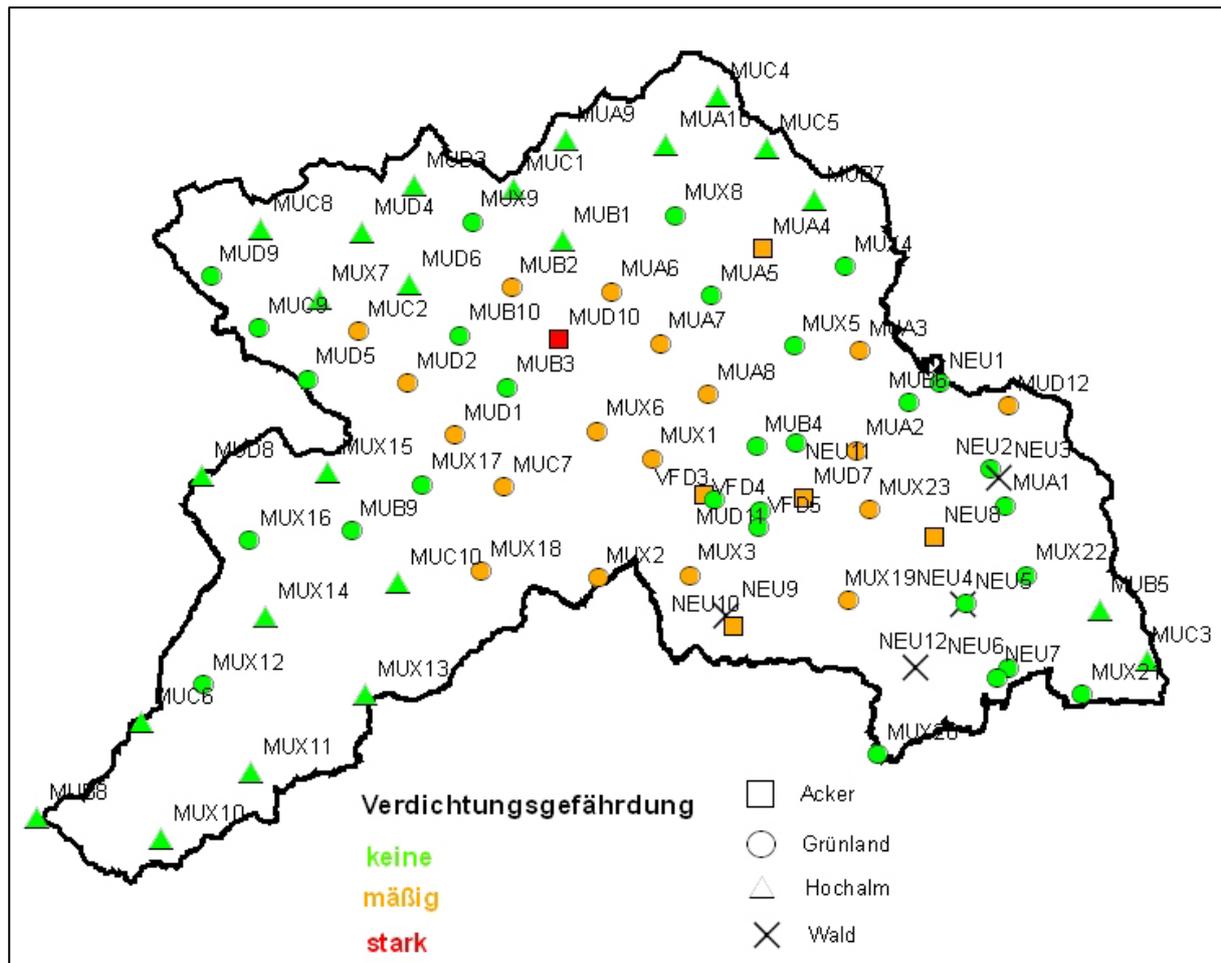
Gefahr von Bodenverdichtung:	stark	mäßig	keine
Acker	mittlere und schwere Böden	leichte Böden	---
Grünland	---	mittlere und schwere Böden	leichte Böden
Sonderkulturen	---	alle	---

Von den 80 Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Murau ist nach dieser groben Abschätzung nur der Ackerstandort **MUD 10 stark** verdichtungsgefährdet.

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

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

Die Verdichtungsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Murau:



8. Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur

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

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

Die **Internet - Adresse** lautet:

www.bodenschutz.steiermark.at

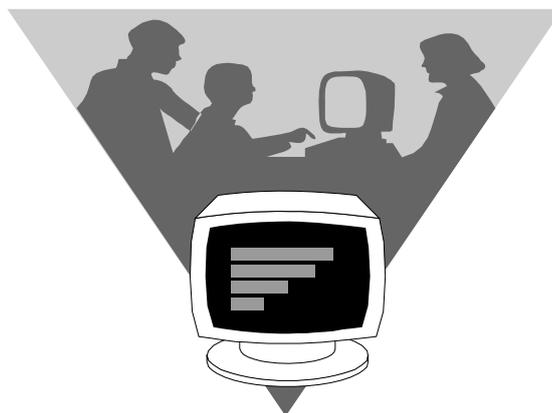
Die Abfrage erfolgt mittels Hotlink-Werkzeug (Blitzsymbol) durch Anklicken des gewünschten Standortes in der Übersichtskarte (eventuell vorher Zoomfunktion verwenden).

Für jeden Standort sind

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

in übersichtlicher Form dargestellt.

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



Allgemeines

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

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

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

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

Genauigkeit der Messergebnisse:

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

Messwert \pm Analysenfehler

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

Der **absolute** Analysenfehler (angegeben in der Messeinheit des betreffenden Parameters) gilt entsprechend seiner Bestimmungsmethodik nur für die Durchschnittsgehalte (Medianwerte des Steiermarkrasters) der Parameter. Bei höheren Werten ist er entsprechend größer. Hier empfiehlt sich zur Abschätzung der Sicherheit des Analysenergebnisses die Verwendung des **prozentuellen** Analysenfehlers. Bei niedrigen Gehalten würde der prozentuelle Analysenfehler kleinere Schwankungen ergeben, was aber nicht zutrifft, sodass hier auch der absolute Analysenfehler den wahren Verhältnissen am nächsten kommt.

In der Praxis hat sich zur Abschätzung der Sicherheit der Analysenergebnisse also folgende Vorgangsweise bewährt:

- Niedrige Gehalte bis Medianwerte: **Messwert \pm absoluter Analysenfehler**
- Höhere Gehalte als der Medianwert: **Messwert \pm prozentueller Analysenfehler**

→ Beim Vergleich zwischen zwei Messwerten muss - da ja beide fehlerbehaftet sind - die Differenz der Werte mindestens den **zweifachen Analysenfehler** betragen, damit ein Unterschied der Gehalte gesichert ist.

Beim Vergleich der Schwermetallgehalte mit ihrem Normalwert wurde der zweifache Analysenfehler bereits im Richtwert inkludiert, sodass ein unmittelbarer Vergleich möglich ist.

Analysenfehler (AF) der Untersuchungsparameter:

Parameter	Messeinheit	AF - absolut (in der Messeinheit)	AF - prozentuell (in % bez. Median)
Sand	%	4,24	13
Schluff	%	5,66	11
Ton	%	4,24	35
Humus	%	0,57	11
P2O5	mg/100g	2,83	51
K2O	mg/100g	4,24	24
pH-Wert	---	0,14	3
CaCO ₃ > 0	%	0,14	140
CaKat	mg/100g	22,63	9
MgKat	mg/100g	3,39	14
KKat	mg/100g	3,54	28
NaKat	mg/100g	0,28	24
Mg	mg/100g	1,41	9
Bor	mg/kg	0,14	47
EDTA-Cu	mg/kg	0,71	14
EDTA-Zn	mg/kg	1,56	24
EDTA-Mn	mg/kg	31,11	11
EDTA-Fe	mg/kg	103,24	20
Fluor	mg/kg	0,11	22
Cu	mg/kg	3,25	13
Zn	mg/kg	6,93	7
Pb	mg/kg	2,69	11
Cr	mg/kg	4,81	12
Ni	mg/kg	2,55	9
Co	mg/kg	1,27	10
Mo	mg/kg	0,08	10
Cd	mg/kg	0,03	13
Hg	mg/kg	0,03	25
As	mg/kg	1,27	11
PAH-Summe	µg/kg	15,56	34

Die nachstehende Tabelle zeigt einen Vergleich der **Mediangehalte** der untersuchten Parameter in den Oberböden der steirischen Rasterstandorte und der Untersuchungsstandorte im Bezirk Murau.

Durchschnittsgehalte im Oberboden:

Parameter	Einheit	Mediangehalte (Bez. Murau)	Mediangehalte (Raster Steiermark)
Sand	%	43,00	34,00
Schluff	%	42,00	48,00
Ton	%	14,00	17,00
Humus	%	7,55	5,40
P ₂ O ₅	mg/100g	4,20	5,50
K ₂ O	mg/100g	15,50	17,50
pH-Wert	---	4,93	5,35
CaCO ₃ > 0	%	0,23	0,10
CaKat	mg/100g	183,44	242,75
MgKat	mg/100g	17,19	24,08
KKat	mg/100g	11,25	12,65
NaKat	mg/100g	1,00	1,15
Mg	mg/100g	13,75	16,00
Bor	mg/kg	0,25	0,30
EDTA-Cu	mg/kg	5,10	5,00
EDTA-Zn	mg/kg	7,10	6,57
EDTA-Mn	mg/kg	245,75	282,75
EDTA-Fe	mg/kg	697,00	516,00
Fluor	mg/kg	0,30	0,51
Cu	mg/kg	30,35	25,40
Zn	mg/kg	99,78	94,88
Pb	mg/kg	32,05	24,15
Cr	mg/kg	38,48	40,92
Ni	mg/kg	33,15	27,33
Co	mg/kg	14,15	12,95
Mo	mg/kg	1,16	0,80
Cd	mg/kg	0,28	0,24
Hg	mg/kg	0,11	0,12
As	mg/kg	13,50	11,45
PAH-Summe	µg/kg	42,25	45,50

Aus dem **Vergleich der Durchschnittsgehalte** der Steiermark mit jenen der Böden im Bezirk Murau lassen sich folgende Unterschiede erkennen:

- Der vergleichsweise hohe Anteil an Grünland- und Hochalmflächen bedingt einen höheren durchschnittlichen **Humusgehalt** und einen niedrigeren **pH-Wert**, der noch niedriger wäre, wenn nicht auch der mittlere **Karbonatgehalt** relativ hoch wäre.
- Der durch Düngemaßnahmen und Industrie-Emissionen beeinflusste Parameter **Fluor** ist durch die geringe ackerbauliche Nutzung und das Fehlen von großindustriellen Anlagen vergleichsweise niedriger.

Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe:

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

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

Sand, Schluff, Ton:

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

Allgemeines:

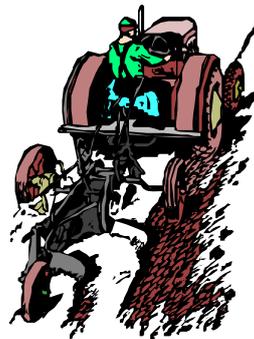
Die Korngrößenverteilung im Boden hat einen großen Einfluss auf Ertragsfähigkeit, Bearbeitbarkeit und Filtervermögen des Bodens. Die grobe Einteilung des mineralischen Bodenmaterials in Sand (63 - 2000 μm), Schluff (2 - 63 μm) und Ton (< 2 μm) ermöglicht eine Beurteilung von wichtigen Bodeneigenschaften,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

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

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

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

Die Bestimmung der Korngrößen erfolgt nach ÖNORM L1061-2.



Untersuchungsergebnisse:

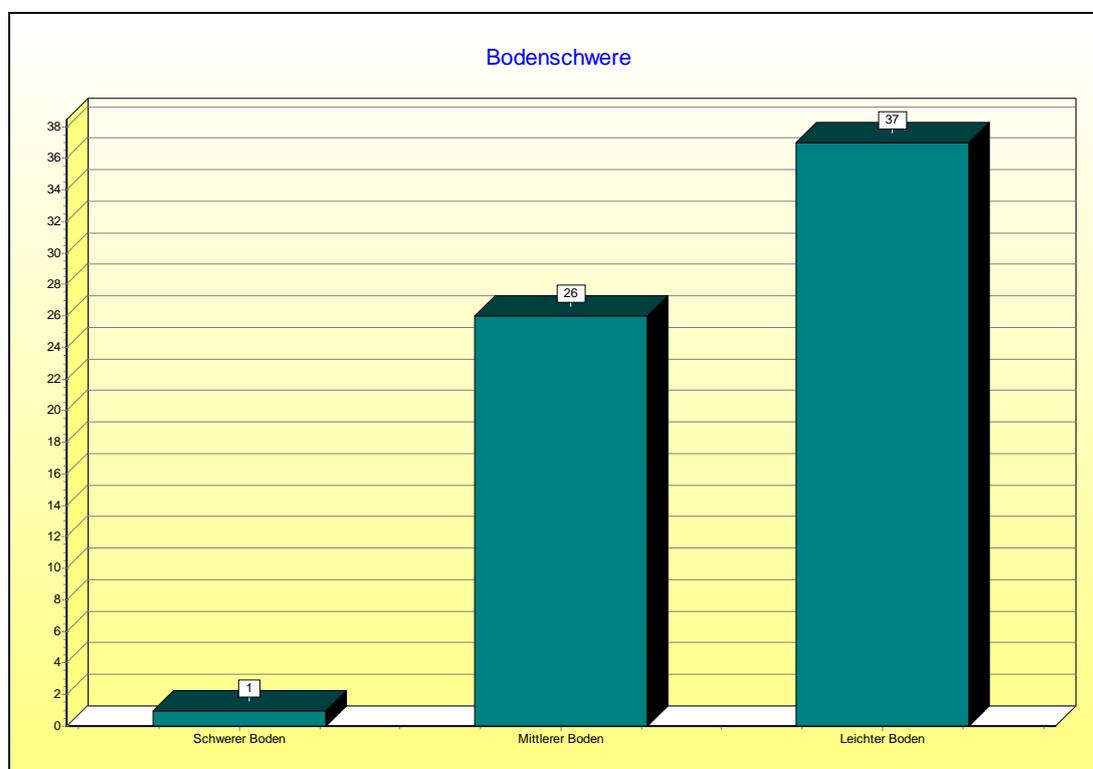
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen der **Bodenschwere** im Bezirk Murau:

Bodenschwere	Anzahl Standorte		
	„schwer“	„mittel“	„leicht“
Grünland	-	19	28
Acker	-	1	4
Hochalm	1	3	4
Wald	-	3	1
Alle Standorte in MU in %	1 %	41 %	58 %
Steiermark - Raster in %	15 %	49 %	36 %

→ Im Bezirk Murau findet man deutlich mehr leichte Böden als bei den landesweiten Erhebungen. Der Anteil der mittelschweren und schweren Böden ist dementsprechend geringer.

Die Standorte **MUX 5 + 12** sind dem speziellen Bodentyp eines **Sandbodens** mit mehr als 70 % Sand zuzuordnen, **NEU 1** ist ein sogenannter **Schluffboden** mit mehr als 70 % Schluffanteil und der Standort **MUC 10** ist ein **Lehmboden** mit einem Tongehalt zwischen 25 und 40 %.

An 15 Hochalmstandorten konnte die Bodenschwere nicht ermittelt werden, da der Humusgehalt der Böden größer als 15 % ist.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen der Bodenschwere

Humus:

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

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

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

Im Grünland besteht keine Gefahr der Unterschreitung der Mindestgehalte.

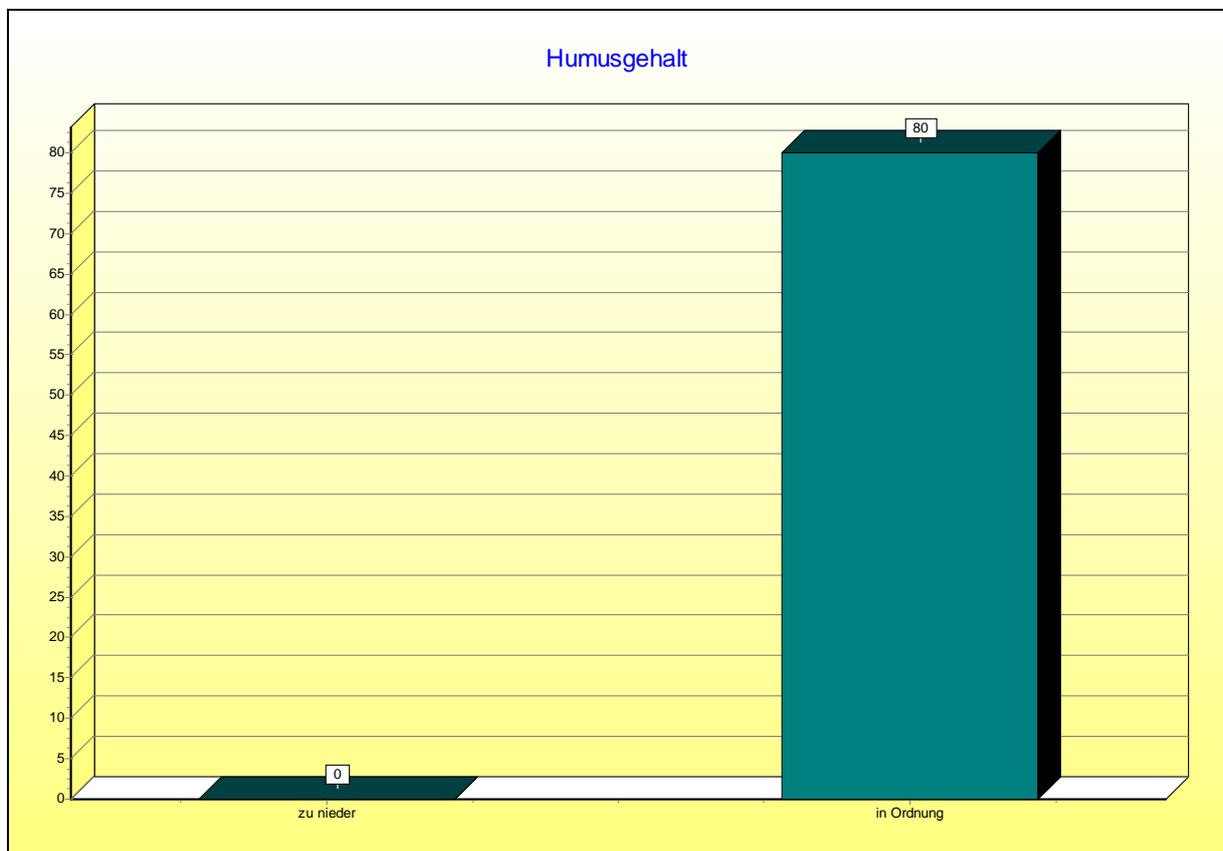
Die Bestimmung des Humusgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1081 (Bestimmung durch Nassoxydation).

Untersuchungsergebnisse:

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

Anzahl Standorte		
Humusgehalt	„zu nieder“	„in Ordnung“
Grünland	-	47
Acker	-	6
Hochalm	-	23
Wald	-	4
Alle Standorte in MU in %	0 %	100 %
Steiermark - Raster in %	3 %	97 %

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



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Humusgehaltes

pH-Wert:

Allgemeines:

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

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

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

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

Anzustrebender Säuregrad in Abhängigkeit zur Bodenschwere:

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

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

Anzahl Standorte

Säuregrad*	„sauer“	„in Ordnung“	„basisch“
Grünland	7	27	14
Acker	3	2	0
Hochalm	22	0	1
Wald	4	0	0
Alle Standorte in MU in %	45 %	36 %	19 %
Steiermark - Raster in %	43 %	47 %	10 %

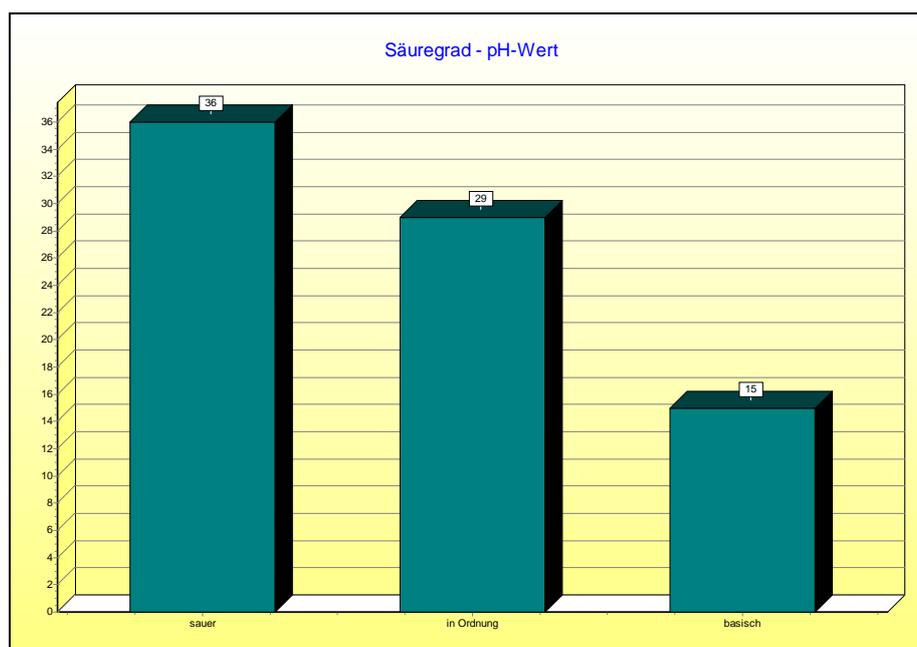
* „sauer“: Der anzustrebende Säuregrad ist nicht erreicht (Boden zu sauer).

„in Ordnung“: Der anzustrebende Säuregrad ist erreicht.

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

→ Der Prozentsatz der als „sauer“ eingestuftem Böden im Bezirk Murau entspricht in etwa jenem der landesweiten Untersuchungsergebnisse. Der Anteil an „basischen“ Böden ist jedoch deutlich größer und vermutlich zumeist auf Kalkungsmaßnahmen zurückzuführen (Böden mit von Natur aus ausreichendem Kalkgehalt sind eher die Ausnahme).

Von den **sauren Böden** sind der überwiegende Anteil Hochalmflächen oder Wald; der niedrigere pH-Wert ist hier als standortstypisch anzusehen und hauptsächlich auf den hohen Humusgehalt der Böden zurückzuführen. Sieben Standorte sind Grünland. Von den drei Ackerstandorten sind **NEU 8 + 10** Wechselländer, welche schon seit mehr als zwanzig Jahren nicht mehr umgebaut werden. Nur der Untersuchungsstandort **MUD 11** wird derzeit ackerbaulich genutzt - hier ist als bodenverbessernde Maßnahme eine Gesundheitskalkung angebracht. Alle als sauer eingestuftem Böden weisen keinen natürlichen Kalkgehalt auf.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des pH-Wertes

Kalk (CaCO₃):

Allgemeines:

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

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

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

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

Bewertungsklassen des Kalkgehaltes:

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

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

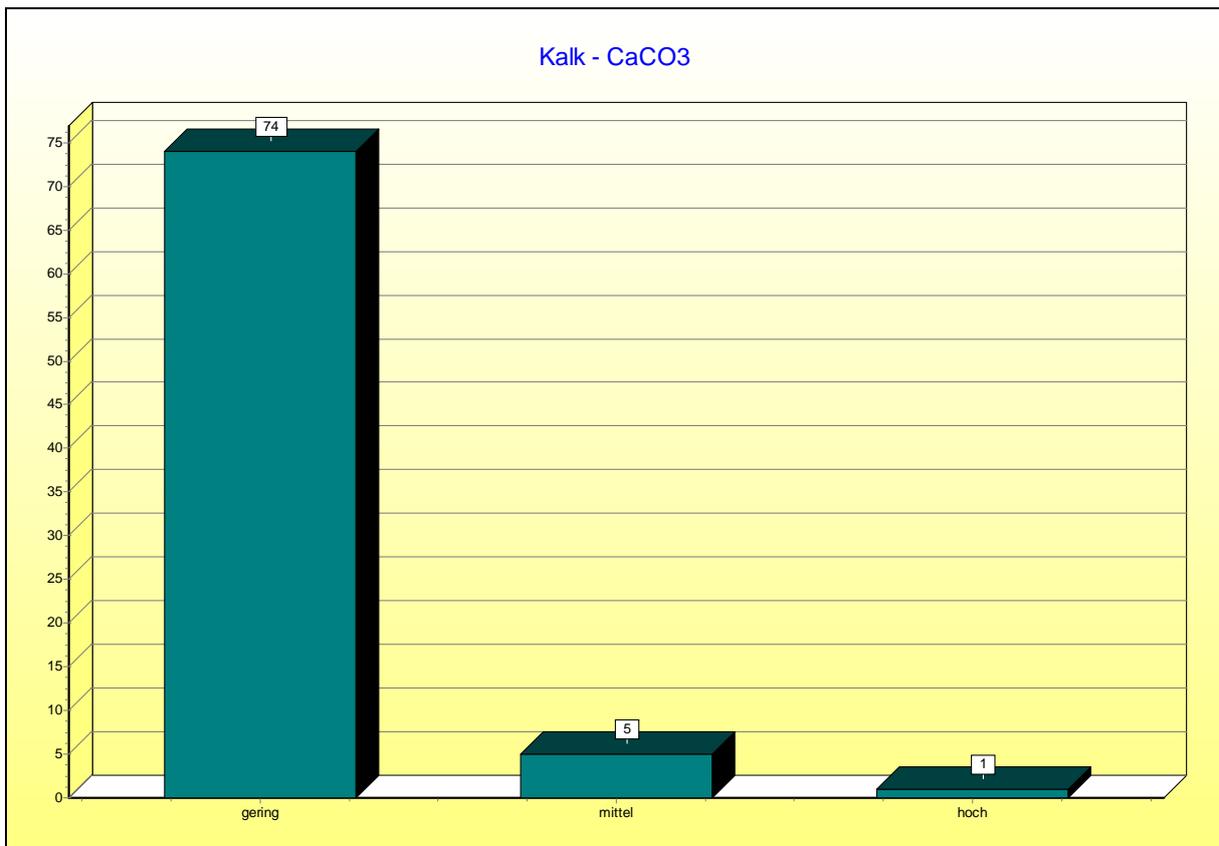
Untersuchungsergebnisse:

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

Kalkgehalt	Anzahl Standorte		
	„gering“	„mittel“	„hoch“
Grünland	42	4	1
Acker	6	0	0
Hochalm	22	1	0
Wald	4	0	0
Alle Standorte in MU in %	93 %	6 %	1 %
Steiermark - Raster in %	92 %	5 %	3 %

➔ Die meisten der untersuchten Standorte im Bezirk Murau liegen im weitgehend kalkfreien Konzentrationsbereich unter 1 % Kalk. Die Folge davon ist häufig ein zu niedriger pH-Wert.

Um einen ausreichend hohen Säuregrad im Boden zu erreichen bzw. zu erhalten sind daher **Gesundungs- bzw. Erhaltungskalkungen** notwendig



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Kalkgehaltes

Phosphor / Phosphat (P₂O₅):

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

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

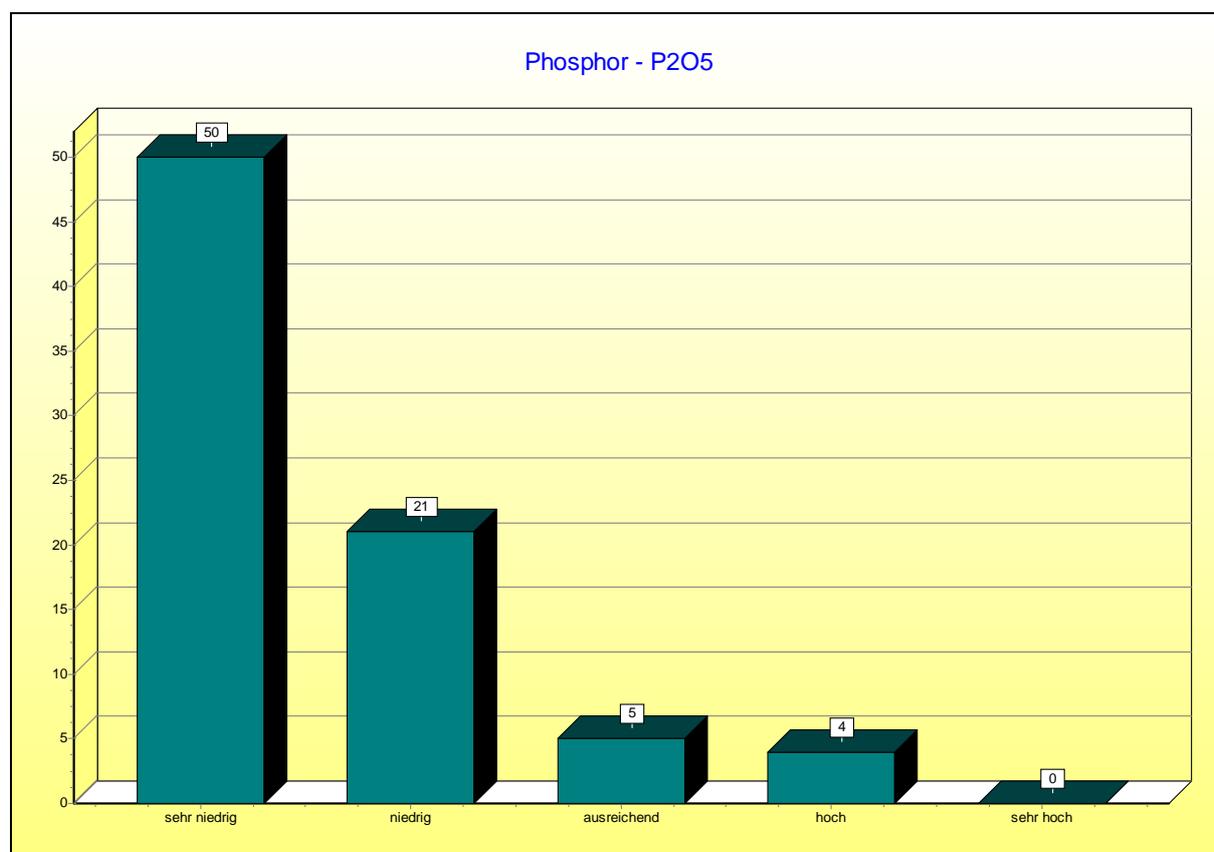
Anzahl Standorte

Phosphorgehalt	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	29	12	3	3	0
Acker	4	0	2	0	0
Hochalm	15	8	0	0	0
Wald	2	1	0	1	0
Alle Standorte in MU in %	63 %	26 %	6 %	5 %	0 %
Steiermark - Raster in %	48 %	21 %	20 %	9 %	2 %

→ Verglichen mit den landesweiten Rasteruntersuchungen ist die Phosphorversorgung der Böden im Bezirk Murau deutlich niedriger.

Vier Standorte (**NEU 4, MUA 3 + 5, MUX 17**) weisen hohe Phosphorgehalte auf.

Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit **Phosphormangel** (etwa 40 % der untersuchten Standorte) ist eine Düngung entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung sinnvoll.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Phosphorgehaltes

Kalium (K₂O):

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

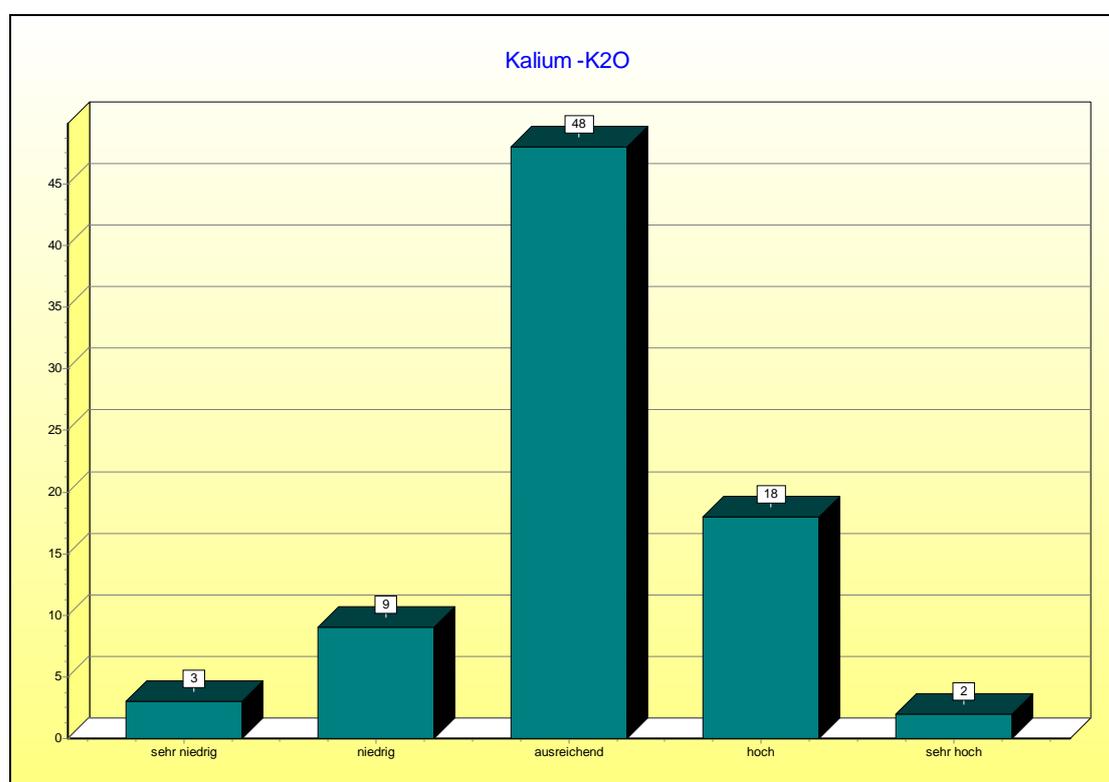
Untersuchungsergebnisse:

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

Kaliumgehalt	Anzahl Standorte				
	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	1	5	27	12	2
Acker	2	1	3	0	0
Hochalm	0	1	17	5	0
Wald	0	2	1	1	0
Alle Standorte in MU in %	4 %	11 %	60 %	22 %	3 %
Steiermark - Raster in %	2 %	17 %	48 %	25 %	8 %

→ Die Kaliversorgung des Bezirkes Murau weist im Vergleich mit den landesweiten Rasteruntersuchungen seltener Überdüngungen auf. Nur zwei Grünlandstandorte liegen bei der Kaliumversorgung in der Gehaltsklasse "sehr hoch" (**MUA 7 + MUX 1**). Der Großteil der Standorte ist ausreichend mit dem Nährstoff versorgt. Kaliummangel ist - wie generell in der Steiermark - eher selten.

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



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Kaliumgehaltes

Magnesium (Mg):

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

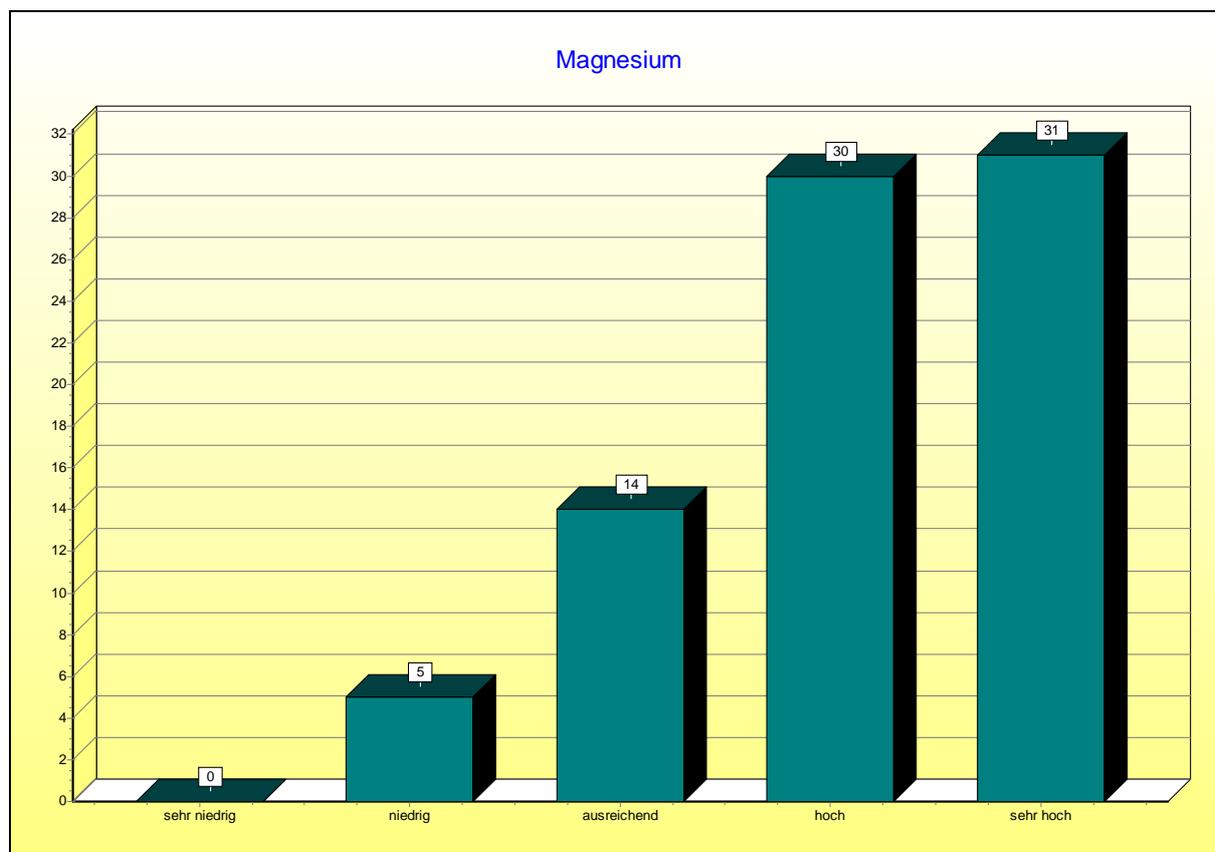
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Magnesiumgehaltes** im Bezirk Murau:

Anzahl Standorte

Magnesiumgehalt	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	0	0	2	18	27
Acker	0	1	0	4	1
Hochalm	0	4	11	6	2
Wald	0	0	1	2	1
Alle Standorte in MU in %	0 %	6 %	18 %	37 %	39 %
Steiermark - Raster in %	0 %	8 %	15 %	34 %	43 %

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

Negative Auswirkungen einer Magnesium-Übersversorgung der Böden sind nicht bekannt. Die Fachliteratur nennt nur Mangelerscheinungen bei Pflanzen. Magnesiummangel ist am ehesten auf Grund von Auswaschung auf sorptionsschwachen (sandigen) Böden möglich.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Magnesiumgehaltes

Bor (B):

Allgemeines:

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

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

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

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

Gehaltsstufen des Spurenelementes Bor (in mg/kg):

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

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

Untersuchungsergebnisse:

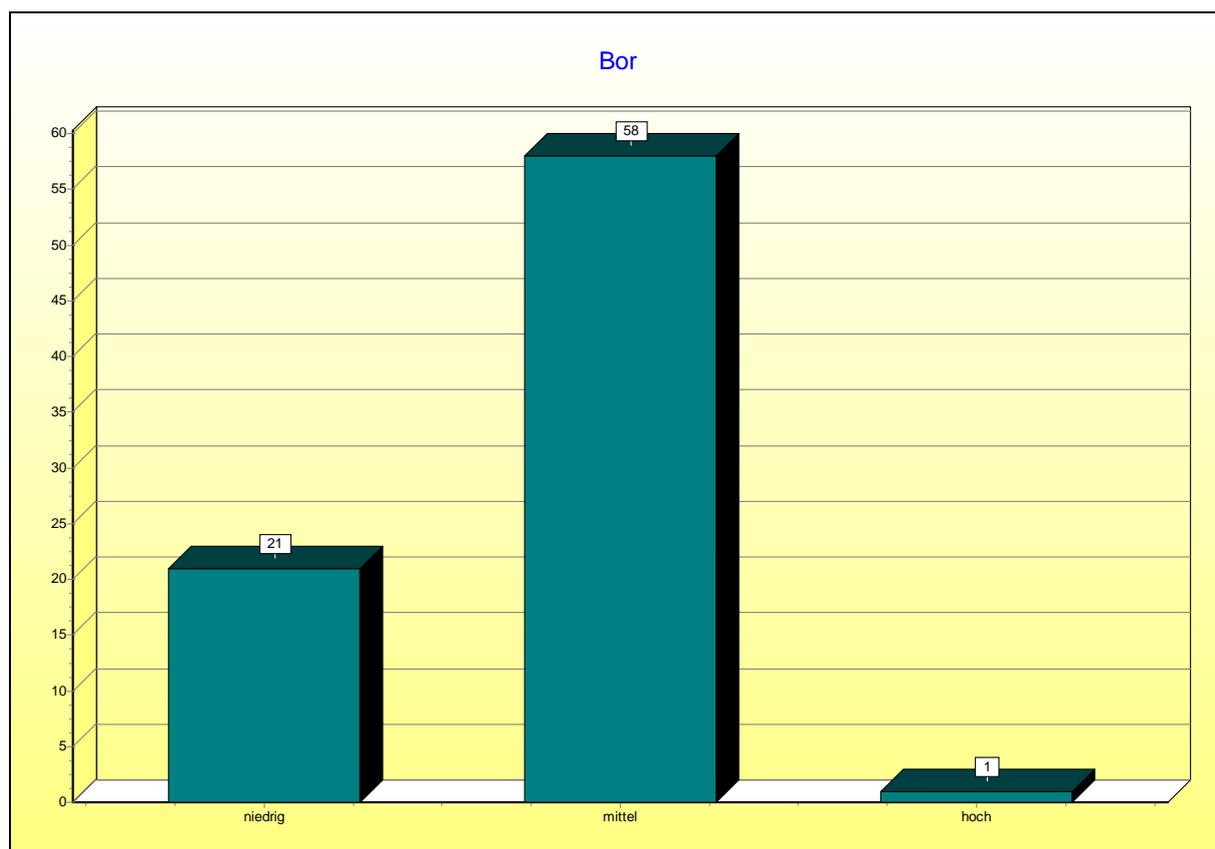
Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Borgehaltes** im Bezirk Murau:

Anzahl Standorte

Borgehalt	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	6	40	1
Acker	0	6	0
Hochalm	12	11	0
Wald	3	1	0
Alle Standorte in MU in %	26 %	73 %	1 %
Steiermark - Raster in %	21 %	78 %	1 %

→ Die Verteilung der Untersuchungsergebnisse in den einzelnen Bewertungsklassen im Bezirk Murau ist gut mit dem Landesdurchschnitt vergleichbar.

An den untersuchten Ackerstandorten, wo ein sehr niedriger Borgehalt im Falle einer Kultivierung von borbedürftigen Pflanzen Probleme bereiten kann, wurde kein Nährstoffmangel festgestellt.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Borgehaltes

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

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

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

Anzahl Standorte

EDTA-Cu	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	0	47	0
Acker	0	6	0
Hochalm	4	19	0
Wald	1	3	0
Alle Standorte in MU in %	6 %	94 %	0 %
Steiermark - Raster in %	4 %	92 %	4 %

Anzahl Standorte

EDTA-Zn	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	0	46	1
Acker	0	6	0
Hochalm	0	22	1
Wald	0	4	0
Alle Standorte in MU in %	0 %	98 %	2 %
Steiermark - Raster in %	0 %	94 %	6 %

Anzahl Standorte

EDTA-Mn	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	0	7	40
Acker	0	1	5
Hochalm	10	10	3
Wald	0	3	1
Alle Standorte in MU in %	13 %	26 %	61 %
Steiermark - Raster in %	6 %	22 %	72 %

Anzahl Standorte

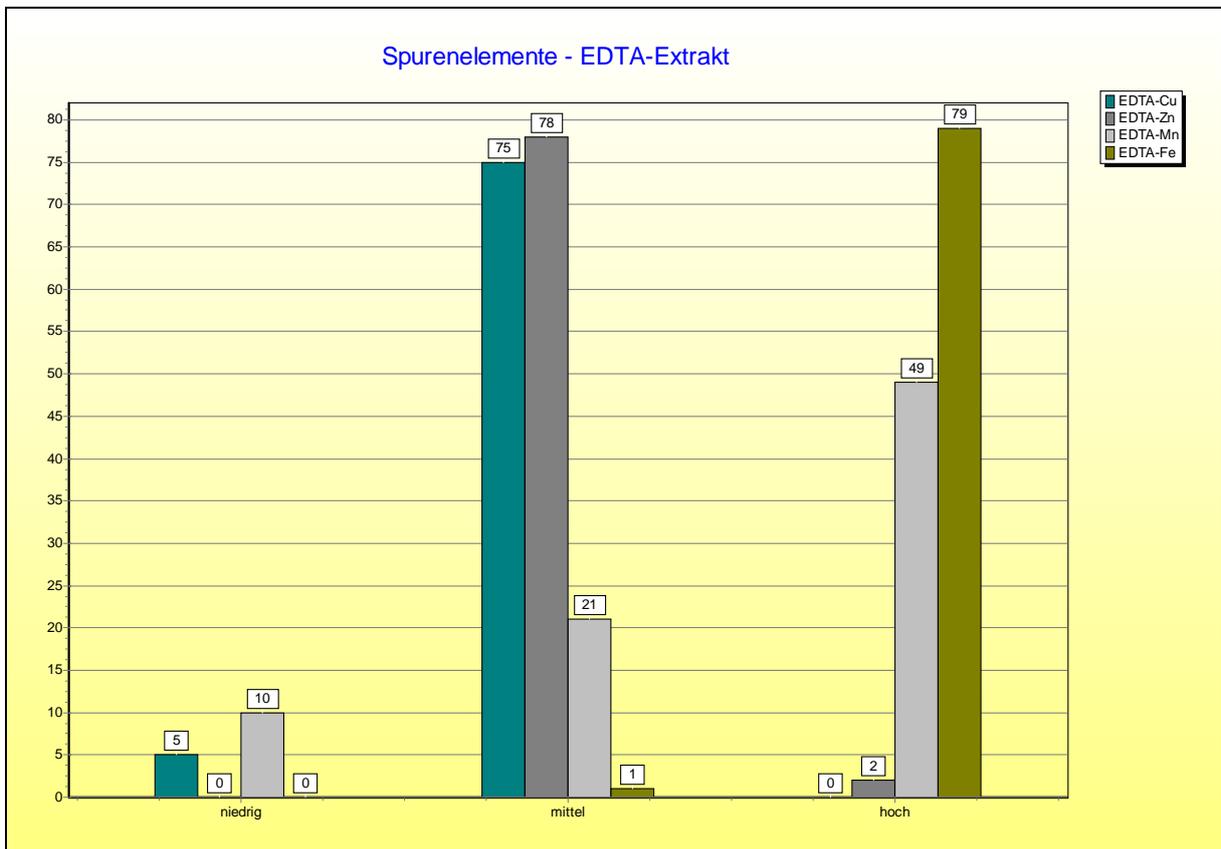
EDTA-Fe	„niedrig“	„mittel“	„hoch“
Grünland	0	0	47
Acker	0	1	5
Hochalm	0	0	23
Wald	0	0	4
Alle Standorte in MU in %	0 %	1 %	99 %
Steiermark - Raster in %	0 %	12 %	88 %

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

Niedrige Gehalte an EDTA-extrahierbarem **Kupfer** findet man nur an einem Wald- und vier Hochalmstandorten (**NEU 3** und **MUC 1, 4, 6 + 10**). Probleme durch Kupfermangel sind hier nicht bekannt. Alle übrigen Untersuchungsstellen liegen im mittleren Gehaltsbereich.

Die Versorgung mit dem Spurennährstoff **Zink** liegt mit Ausnahme der zwei Standorte **MUA 10** (Hochalm) und **VFD 3** (Grünland) - welche hohe Zinkgehalte aufweisen - im mittleren Gehaltsbereich. Am Standort **VFD 3** stehen die hohen Gehalte vermutlich mit der ehemaligen Bergbautätigkeit an der Untersuchungsstelle in Zusammenhang.

Die Gehalte der beiden Spurenelemente **Mangan** und **Eisen** liegen - wie in der ganzen Steiermark - meist im mittleren und hohen Versorgungsbereich. Probleme durch eine Überversorgung mit diesen beiden Spurennährstoffen sind nicht bekannt. Auffallend sind nur zehn Standorte mit niedriger Manganversorgung, welche alle auf Hochalmflächen liegen. Die Ursache der Nährstoffverarmung dürfte durch den niedrigen pH-Wert dieser Böden bedingt sein.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen der Spurenelementgehalte

Die austauschbaren Kationen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium:

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Kalziumwerte unter 50 % sind häufig die Ursache für eine schlechte Bodenstruktur. Steigt der Natriumwert auf über 5 %, kann es zu einem „Zerfließen“ des Bodens kommen. Magnesiumwerte von weniger als 10 % sind in Verbindung mit hohen 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 Gesetzesvorgabe nur die Bestimmung der austauschbaren Kationen Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ und Na^+ erfolgt, können korrekterweise nur Böden mit annähernd neutralem pH-Wert beurteilt werden.

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

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

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

Der Hinweis auf eine mögliche schlechte **Bodenstruktur** nur auf Grund eines **Kalziumwertes** unter 50 % ist mit Skepsis zu betrachten, da zur genaueren Beurteilung auch der Salzgehalt der Bodenlösung betrachtet werden muss. Im Bezirk Murau weisen 85 % der untersuchten Standorte Kalziumwerte unter 50 % auf. Die korrekte Beschreibung ihrer Bodenstruktur ist der bodenkundliche Profilbeschreibung im Anhang zu entnehmen.

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

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

Beim Zusammenspiel der **Magnesium- und Kaliumwerte** ergaben die Untersuchungen im Bezirk Murau an den zwei Hochalmstandorten **MUD 8** und **MUX 14** einen Hinweis auf einen möglichen Magnesiummangel (Magnesiumwerte unter 10 % und gleichzeitig Kaliumwerte über 5. Bei beiden Standorten handelt es sich um Hochalmflächen mit niedrigen pH-Werten.

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

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

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

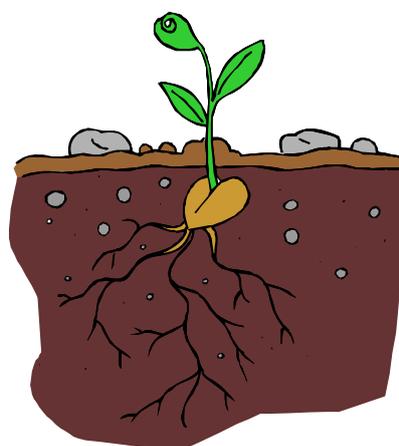
Die Verteilung der **Summe aus Ca, Mg, K und Na (AKat-Summe)** in den drei Gehaltsklassen im Bezirk Murau lautet:

Gehaltsklasse AKat	Anzahl der Standorte		
	< 10 mval/100 g	10 - 25 mval/100 g	> 25 mval/100 g
Grünland	7	39	1
Acker	2	3	1
Hochalm	22	0	1
Wald	1	3	0
Alle Standorte in MU in %	40 %	56 %	4 %
Steiermark - Raster in %	24 %	65 %	11 %

Im Vergleich mit den landesweiten Rasteruntersuchungen zeigt die Nährstoffbilanzierung im Bezirk Murau auf den ersten Blick eine schlechtere Versorgung mit austauschbaren Kationen. Dies ist aber nur auf den relativ hohen Anteil an Hochalmflächen mit niedrigem pH-Wert zurückzuführen. An den landwirtschaftlich genutzten Standorten sollte jedoch versucht werden Probleme in der Nährstoffbilanzierung durch eine Anhebung des pH-Wertes (Kalkung) zu verbessern.

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

NEU 5 + 8, MUB 9, MUC 7, MUD 1, 9 + 11 und MUX 18 + 22.



Das wasserextrahierbare Fluor (F):

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

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

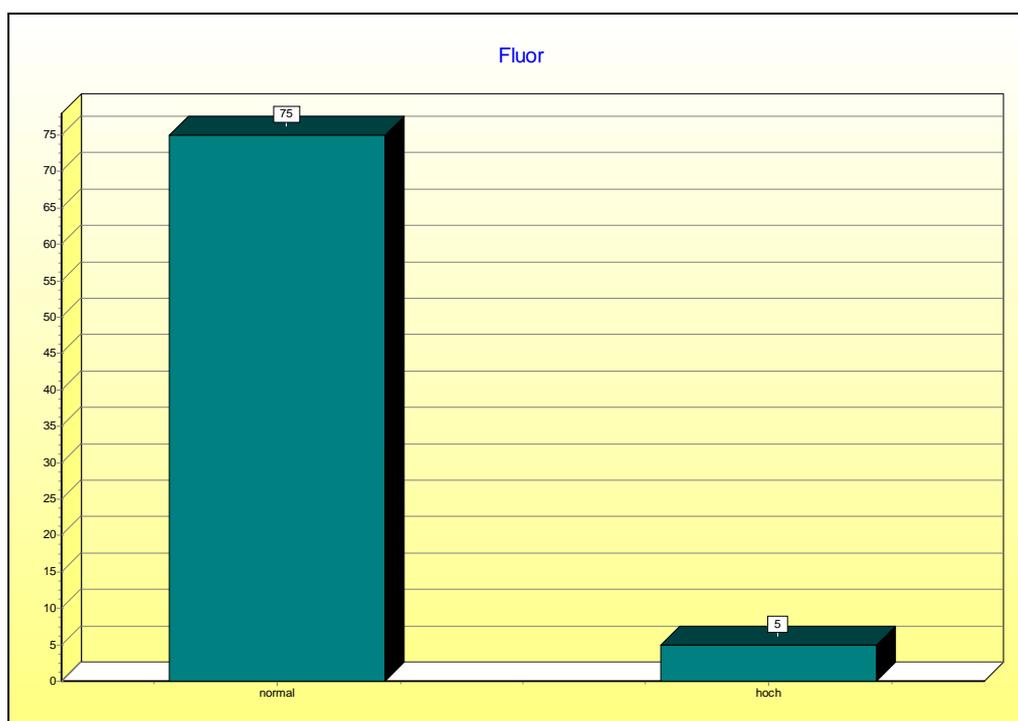
Anzahl Standorte

Fluor (wasserlöslich)	„normal“	„über 1,2 ppm“
Grünland	43	4
Acker	5	1
Hochalm	23	0
Wald	4	0
Alle Standorte in MU in %	94 %	6 %
Steiermark - Raster in %	77 %	23 %

→ Im Bezirk Murau findet man im Vergleich zu den landesweiten Untersuchungsergebnissen auf Grund der wenig intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und dem Fehlen von großindustriellen Emittenten deutlich seltener erhöhte Fluorgehalte im Boden.

Erhöhte Fluorgehalte finden wir an den vier Grünlandstandorten **NEU 7, MUX 17, 22 + 23** und am Ackerstandort **MUD 7**. Am Grünlandstandort **MUX 17** sind auch die Phosphor- und Kaliumgehalte erhöht, sodass hier ein Eintrag des Fluor über Düngemittel anzunehmen ist.

Die erhöhten Fluorwerte korrelieren mit überdüngten Böden aber nur teilweise, sodass angenommen werden muss, dass nur manche Düngemittel hohe Fluorgehalte als Verunreinigung beinhalten. In einer stichprobenartigen Testserie im Jahr 2000 konnten in den Düngemitteln „Blaukorn“ und „TC Superphosphat“ rund 600 mg/kg wasserlösliches Fluor nachgewiesen werden.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Fluorgehaltes

Schwermetalle:

Allgemeines:

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

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

Der Knackpunkt dabei ist die Abschätzung des jeweiligen Gefährdungspotentials.

Dies ist durch einen alleinigen Vergleich mit Bodenrichtwerten unmöglich!

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

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

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

Richtwerte für die Beurteilung von Schwermetallbelastungen:

Grenzwert: Per Gesetz oder Verordnung festgelegter Maximalgehalt, welcher bei Überschreitung Folgemaßnahmen nach sich zieht. In der Steiermark müssen an Standorten mit einer Grenzwertüberschreitung Pflanzenproben untersucht werden und per Gutachten die Herkunft und flächenhafte Verbreitung des Schadstoffes abgeklärt werden (Steiermärkisches landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz, Bodenschutzprogramm- und Klärschlammverordnung von 1987). Der Grenzwert für Quecksilber wurde mit Wirkung vom 29. 7. 2000 von 2 auf 1 mg/kg herabgesetzt.

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

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

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

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

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

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

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

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

Schwermetall - Richtwerte:

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

Herkunft der Schwermetalle:

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

Mit Hilfe dieses groben Rechenmodells erfolgte auch eine Abschätzung der ubiquitären Anreicherungen im Oberboden, welche möglicherweise auf Umwelteinflüsse zurückzuführen sind. Es sei dazu angemerkt, dass auch natürliche biologische und physikalisch-chemische Transportvorgänge im Boden Anteil an derartigen Anreicherungen haben können.

Abschätzung des vermutlich anthropogenen Schwermetallanteils im Oberboden:

Schwermetalle	Cu	Zn	Pb	Cr	Ni	Co	Mo	Cd	Hg	As
in mg/kg:	10	26	12	17	8	5	0,3	0,15	0,10	5

Im Zuge der Auswertungen zeigte es sich, dass vor allem die beiden Schwermetalle **Cadmium** und **Blei** zu den häufigsten Umweltbelastungen zählen. Mehr als 80 % der steirischen Böden weisen Anreicherungen von Cadmium im Oberboden auf; beim Blei sind es etwa zwei Drittel der untersuchten Standorte.

Etwa 30 % der untersuchten steirischen Böden weisen Cadmium- bzw. Bleigehalte über dem Normalwert auf, wobei hier die Summe aus der natürlichen geologischen Grundbelastung und den anthropogenen Einträgen maßgebend ist.

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse im Bezirk Murau:

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

Richtwertüberschreitungen im Bezirk Murau:

Standorte mit Schwermetallgehalten über den jeweiligen Richtwerten:

Standort	Normalwert-Überschreitungen	Grenzwert-Überschreitungen
NEU 1	Zn, Pb, Cd	Pb, As
NEU 2	Pb, Mo, Hg	
NEU 3	Pb	
NEU 4	Pb, Mo	As
NEU 5	Cu, Pb, Cr, Ni, Co, Mo	Cr, Ni, As
NEU 6	Ni	Ni
NEU 7	Pb, Mo, Cd, Hg, As	As
NEU 9	Pb, Cr, Ni, Co, Cd	Cr, Ni
NEU 10	Cr, Ni, Co	Cr, Ni
NEU 12	Cu, Zn, Pb, Ni, Mo, Cd, As	Ni, As
MUA 2	Pb, Mo, Cd	As
MUA 3	Cd	
MUA 4	Pb	
MUA 5	Cu, Cr, Ni, Co, Mo, Cd	Cr, Ni
MUA 6	Mo, Cd	
MUA 7	Ni, Mo	Ni
MUA 8	Zn, Pb, Cd	
MUA 9	Cu, Pb, Ni, Cd	Ni
MUA 10	Pb, Cd	
MUB 1	Pb, Cd	
MUB 2	Pb	As
MUB 3	Mo, Cd	As
MUB 4	Pb	
MUB 5	Pb, Cd	
MUB 6	Pb, Mo, Cd	
MUB 7	Pb	
MUB 8	Pb	
MUB 9	Cd	
MUB 10	Mo	
MUC 1	Pb, Cr, Cd	
MUC 3	Pb, Cd	
MUC 4	Pb, Cd, As	As
MUC 5	Pb, Mo, Cd, As	As
MUC 6	Pb	
MUC 7	Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, Mo, Cd, As	Cu, Ni, As
MUC 8	Pb, Cd, As	As
MUC 10	Pb	

Standort	Normalwert-Überschreitungen	Grenzwert-Überschreitungen
MUD 1	Pb, Mo	As
MUD 2	As	As
MUD 3	Pb, Cd	
MUD 4	Cu, Pb, Cr	Cr
MUD 5	Zn	
MUD 6	Pb, Cd, As	As
MUD 7	Cu, Mo, Cd, As	As
MUD 8	Pb, Hg	As
MUD 9	Pb, Mo	As
MUD 10	Zn, Mo	As
MUD 11	Pb, Mo, As	As
VFD 3	Cu, Zn, Pb, Ni, Mo, Cd, As	Zn, Pb, Ni, As
VFD 4	Cu, Zn, Pb, Ni, Mo, Cd, As	Ni, As
VFD 5	Cu, Pb, Mo, Cd, As	As
MUX 1	Cu, Pb, Ni, Mo	Ni
MUX 2	Mo	
MUX 3	Cr	Cr, As
MUX 6	Cu	
MUX 8	Pb, Cd	
MUX 9		As
MUX 10	Hg	
MUX 11	Pb, Cd	
MUX 12	Pb	As
MUX 13	Pb	
MUX 14	Zn, Pb, Cd	Pb
MUX 15	Pb, Cd	
MUX 16	Zn, Pb, Cd	Pb, As
MUX 17	Cu, Zn, Pb, Ni, Mo, Cd	Ni
MUX 19	Zn, Pb, Cd	As
MUX 20		As
MUX 21	Zn, Cd	
MUX 23	Cr	

Im Bezirk Murau findet man an 69 von 80 untersuchten Standorten (86 %) Überschreitungen der Richtwerte.

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

Kupfer (Cu):

Allgemeines:

Kupfer ist ein für die Ernährung aller Lebewesen essentielles Element. Bei Kupferüberschuss können jedoch toxische Wirkungen bei Pflanzen und einigen Tieren (Schafe, Wiederkäuer) auftreten. Für viele Bakterien und Viren ist Kupfer nach Cadmium und Zink sogar das giftigste Element. Gräser und Algen hingegen sind relativ kupfertolerant. Außerdem sind Wechselwirkungen mit anderen Metallen bekannt. So kann ein Kupferüberschuss im Boden einen Eisen- bzw. Molybdänmangel bei Pflanzen auslösen.

Nach Arbeiten der WHO benötigt der erwachsene Mensch täglich Kupfermengen von 0,03 mg/kg Körpergewicht (Kinder mehr: bis zu 0,08 mg/kg); Kupfermangelerscheinungen sind gleich wie eine chronische Kupfertoxizität beim Menschen sehr selten.

Untersuchungsergebnisse:

Kupfer (Cu) Normalwert: 50 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	4,30	7,80	9,30
Maximum	93,30	101,10	104,60
Mittelwert	31,53	33,12	36,37
Median - Murau	30,35	30,70	33,00
Median - Steiermark	25,40	24,70	26,10

Die durchschnittlichen Kupfergehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau liegen in allen Horizonten über jenen der Steiermark, was auf eine höhere geogene Grundbelastung zurückzuführen ist. Es sind keine nennenswerten anthropogenen Einflüsse feststellbar.

An 13 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 50 ppm).

Am Grünlandstandort **MUC 7** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm Kupfer geringfügig überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe Pflanzenproben untersucht wurden.

In den kontrollierten Grasproben konnten keine erhöhten Kupfergehalte festgestellt werden - das im Boden enthaltene Schwermetall ist also wenig pflanzenverfügbar.

Zink (Zn):

Allgemeines:

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Zink (Zn) Normalwert: 140 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	20,20	12,60	25,80
Maximum	383,20	415,20	287,20
Mittelwert	98,63	94,64	97,00
Median - Murau	99,78	95,60	96,00
Median - Steiermark	94,88	85,70	81,80

Die durchschnittlichen Zinkgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau liegen in allen Horizonten über jenen der Steiermark, was auf eine höhere geogene Grundbelastung zurückzuführen ist. An einigen Standorten sind aus der Profilanalyse auch geringfügige anthropogene Einflüsse (Industrie, Verkehr, etc.) ableitbar.

An 13 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 140 ppm).

Am Grünlandstandort **VFD 3** ist auch der gesetzliche Grenzwert von 300 ppm Zink überschritten, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe Pflanzenproben untersucht wurden.

In den kontrollierten Grasproben konnten keine erhöhten Zinkgehalte festgestellt werden - das im Boden enthaltene Schwermetall ist also wenig pflanzenverfügbar.

Blei (Pb):

Allgemeines:

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Blei (Pb) Normalwert: 30 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	7,40	7,00	5,10
Maximum	1188,00	1008,00	420,00
Mittelwert	51,53	41,74	27,09
Median - Murau	32,05	25,40	15,80
Median - Steiermark	24,15	19,30	14,20

Die durchschnittlichen Bleigehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau liegen in allen Horizonten über jenen der Steiermark, was auf eine höhere geogene Grundbelastung zurückzuführen ist. An etwa der Hälfte der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse deutliche anthropogene Einflüsse (Industrie, Verkehr, etc.) ableitbar, welche die Rolle des Bleis als ubiquitären Umweltschadstoff beweisen.

An 48 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 30 ppm).

An den Standorten **NEU 1, VFD 3 und MUX 14 + 16** findet man auch Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes von 100 ppm Blei, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe Pflanzenproben untersucht wurden. Mit Ausnahme des Grünlandstandortes VFD 3 sind die Grenzwertüberschreitungen geringfügig, am ehemaligen Bergbaustandort VFD 3 wird der Grenzwert um mehr als das zehnfache überschritten!

In den kontrollierten Grasproben konnten keine erhöhten Bleigehalte festgestellt werden - das im Boden enthaltene Schwermetall ist also wenig pflanzenverfügbar.

Chrom (Cr):

Allgemeines:

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

Untersuchungsergebnisse:

Chrom (Cr) Normalwert: 80 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	8,80	12,50	20,90
Maximum	235,00	246,00	195,00
Mittelwert	47,89	50,64	50,99
Median - Murau	38,48	43,30	42,20
Median - Steiermark	40,92	41,55	42,20

Die durchschnittlichen Chromgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau stimmen mit dem Landesdurchschnitt gut überein. Trotzdem werden vergleichsweise häufig Richtwertüberschreitungen festgestellt, welche geogene Ursachen haben. Es sind keine nennenswerten anthropogenen Einflüsse feststellbar.

An 9 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 80 ppm).

An den Standorten **NEU 5, 9 + 10, MUA 5, MUD 4** und **MUX 3** findet man auch Überschreitungen des gesetzlichen Grenzwertes von 100 ppm Chrom, sodass hier entsprechend der gesetzlichen Vorgabe Pflanzenproben untersucht wurden.

In den kontrollierten Grasproben werden fallweise erhöhte Chromgehalte festgestellt. Richtwerte aus dem Lebensmittel- oder Futtermittelbereich sind nicht vorhanden.

Nickel (Ni):

Allgemeines:

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

Untersuchungsergebnisse:

Nickel (Ni) Normalwert: 60 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	1,70	1,30	11,10
Maximum	96,50	93,10	87,40
Mittelwert	34,04	36,53	40,12
Median - Murau	33,15	35,00	38,00
Median - Steiermark	27,33	29,35	31,90

Die durchschnittlichen Nickelgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau liegen in allen Horizonten über jenen der Steiermark, was auf eine höhere geogene Grundbelastung zurückzuführen ist. Es sind keine nennenswerten anthropogenen Einflüsse feststellbar.

An 13 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 60 ppm).

Da beim Nickel Normal- und Grenzwert identisch sind, ist an allen Stellen mit Normalwertüberschreitungen auch der gesetzliche Grenzwert überschritten und es sind entsprechend der gesetzlichen Vorgabe Pflanzenproben zu untersuchen (**NEU 5, 6, 9, 10 + 12, MUA 5, 7 + 9, MUC 7, VFD 3 + 4 und MUX 1 + 17**).

In den kontrollierten Grasproben werden fallweise erhöhte Nickelgehalte festgestellt. Richtwerte aus dem Lebensmittel- oder Futtermittelbereich sind nicht vorhanden.

Kobalt (Co):

Allgemeines:

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Kobalt (Co) Normalwert: 30 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,60	1,40	8,10
Maximum	41,00	40,00	42,20
Mittelwert	14,99	15,95	17,74
Median - Murau	14,15	15,10	17,00
Median - Steiermark	12,95	13,50	14,70

Die durchschnittlichen Kobaltgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau liegen in allen Horizonten über jenen der Steiermark, was auf eine höhere geogene Grundbelastung zurückzuführen ist. Es sind keine nennenswerten anthropogenen Einflüsse feststellbar.

An 5 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 30 ppm).

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

Molybdän (Mo):

Allgemeines:

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

Untersuchungsergebnisse:

Molybdän (Mo) Normalwert: 1,5 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,41	0,38	0,39
Maximum	7,20	7,92	8,25
Mittelwert	1,34	1,31	1,28
Median - Murau	1,16	1,08	1,02
Median - Steiermark	0,80	0,69	0,62

Die durchschnittlichen Molybdängehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau liegen in allen Horizonten über jenen der Steiermark, was auf eine höhere geogene Grundbelastung zurückzuführen ist. An etwa einem Drittel der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse deutliche anthropogene Einflüsse ableitbar, welche die Rolle des Molybdäns als ubiquitären Umweltschadstoff beweisen.

An 24 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 1,5 ppm).

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

Cadmium (Cd):

Allgemeines:

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Cadmium (Cd) Normalwert: 0,30 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,10	0,07	0,03
Maximum	1,66	1,50	1,12
Mittelwert	0,31	0,21	0,18
Median - Murau	0,28	0,17	0,14
Median - Steiermark	0,24	0,16	0,09

Die durchschnittlichen Cadmiumgehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau liegen in allen Horizonten leicht über jenen der Steiermark, was auf eine höhere geogene Grundbelastung zurückzuführen ist. An etwa einem Drittel der Untersuchungsstandorte sind aus der Profilanalyse deutliche anthropogene Einflüsse ableitbar, welche die Rolle des Cadmiums als ubiquitären Umweltschadstoff beweisen.

An 36 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 0,3 ppm).

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

Quecksilber (Hg):

Allgemeines:

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Quecksilber (Hg) Normalwert: 0,25 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,03	0,03	0,02
Maximum	0,31	0,22	0,35
Mittelwert	0,12	0,10	0,08
Median - Murau	0,11	0,09	0,07
Median - Steiermark	0,12	0,10	0,08

Die durchschnittlichen Quecksilbergehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau stimmen mit dem Landesdurchschnitt gut überein. Anthropogene Einflüsse sind kaum erkennbar.

An 4 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 0,25 ppm).

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

Arsen (As):

Allgemeines:

Bei einer Betrachtung der Toxikologie des Arsen müssen seine beiden Oxidationsstufen berücksichtigt werden. So ist dreiwertiges Arsen besonders giftig und verursacht Hautkrebs. Arsen ist vermutlich auch co-karzinogen, mutagen und teratogen. Seine gebietsweise häufige Verbreitung in oft beträchtlichen Konzentrationen ist 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 Hauptaufnahmekategorie des Menschen stellt der Verzehr von Meerestieren und Reis sowie Getreide dar. Man vermutet sogar, dass Arsen für Mensch und Tier innerhalb einer schmalen Wirkungsbreite ein essentielles Spurenelement ist. Erstaunlich ist auch der Antagonismus von Arsen und Selen, welche zusammen deutlich weniger giftig sind als einzeln. Die WHO/FAO empfiehlt, dass die tägliche Nahrungsaufnahme von Arsen 0,05 mg/kg Körpergewicht nicht übersteigt.

Untersuchungsergebnisse:

Arsen (As) Normalwert: 40 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,90	0,80	0,90
Maximum	700,00	704,00	293,00
Mittelwert	27,31	29,49	25,69
Median - Murau	13,50	13,70	11,70
Median - Steiermark	11,45	11,65	12,00

Die durchschnittlichen Arsengehalte der untersuchten Böden im Bezirk Murau liegen in den oberen zwei Horizonten leicht über jenen der Steiermark. An einigen Standorten sind aus der Profilanalyse auch anthropogene Einflüsse ableitbar.

An 13 Untersuchungsstellen kommt es zu **Überschreitungen des Normalwertes** (Gehalte > 40 ppm). Die Verteilung der Arsengehalte in den einzelnen Bodenhorizonten ist meist gleichmäßig oder nach unten hin zunehmend, was auf die überwiegend geogene Herkunft des Schwermetalls beweist.

Überschreitungen des Richtwertes von 20 ppm Arsen findet man an 28 Untersuchungsstellen, wobei man an den ehemaligen Arsen-Bergbaustandorten VFD 3, 4 und 5 extrem hohe Gehalte findet.

Dieser Richtwert von 20 ppm ist im ostalpinen Bereich wegen der naturgegebenen höheren Grundbelastung nicht sinnvoll.

Die untersuchten Pflanzenproben der Standorte mit Richtwert-Überschreitungen weisen kaum Auffälligkeiten auf (siehe nachfolgende Seiten).

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

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

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

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

Weitere Beurteilungsgrundlagen:

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

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

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

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

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

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

Kennung	Pflanze	Cr	Ni	Hg	As
NEU 1 - 1991	Gras 1	-	-	-	1,1
	Gras 2	-	-	-	0,8
NEU 1 - 1998	Gras 1	-	-	-	< 0,3
	Gras 2	-	-	-	< 0,3
NEU 5 - 1990	Gras 1	1,31	9,69	-	0,6
	Gras 2	5,17	7,90	-	0,7
NEU 5 - 1992	Gras 1	0,25	3,03	-	-
	Gras 2	1,25	4,54	-	-
NEU 5 - 1998	Gras 1	4,90	4,00	-	0,7
	Gras 2	0,74	3,15	-	< 0,3
NEU 10 - 1990	Gras 1	3,80	5,77	-	-
	Gras 2	13,76	7,04	-	-
NEU 10 - 1992	Gras 1	0,22	1,85	-	-
	Gras 2	0,80	2,88	-	-
NEU 10 - 1998	Gras 1	0,56	2,25	-	-
	Gras 2	6,77	4,02	-	-
MUA 5 - 1994	Gras 1	0,28	3,49	-	-
	Gras 2	0,18	1,89	-	-
MUA 7 - 1994	Gras 1	-	3,10	-	-
	Gras 2	-	2,67	-	-
MUA 9 - 1993	Gras 1	-	4,14	-	-
	Gras 2	-	3,55	-	-
MUC 7 - 1994	Gras 1	-	6,11	-	0,4
	Gras 2	-	8,56	-	0,4
MUD 4 - 1993	Gras 1	0,78	-	-	-
	Gras 2	1,32	-	-	-
VFD 5 - 1999	Gras 1	-	-	-	2,3
	Gras 2	-	-	-	1,7
MUX 3 - 2003	Gras 1	1,10	2,27	0,05	< 0,3
MUX 3 - 2004	Gras 2	0,45	0,91	0,02	< 0,3
MUX 12 - 2003	Gras 1	1,05	2,35	0,02	< 0,3
MUX 12 - 2004	Gras 2	0,56	1,58	< 0,01	< 0,3
MUX 14 - 2000	Gras 1	0,85	1,27	0,01	< 0,3
	Gras 2	1,84	1,34	0,01	< 0,3
MUX 17 - 2003	Gras 1	0,39	3,24	0,04	< 0,3
MUX 17 - 2004	Gras 2	0,33	1,12	0,02	< 0,3

Die Standorte mit erhöhten Schwermetallgehalten in den Pflanzen.

In der Tabelle sind nur jene Standorte angeführt, wo zumindest in einer untersuchten Probe erhöhte Schwermetallgehalte festgestellt wurden (Schwermetalle bei denen es keine Auffälligkeiten gab, sind nicht aufgelistet).

Die relativ häufig festgestellten erhöhten **Chrom- und Nickelgehalte** der untersuchten Grasproben stehen im Zusammenhang mit der geologischen Situation im Bezirk Murau (Murauer Paläozoikum), welche Chrom- und Nickelvererzungen im bodenbildenden Ausgangsmaterial bedingt. Die Kontamination der Pflanzen erfolgt dann vorwiegend über aufgewirbelte Bodenpartikel beim Mähen, durch den Weidebetrieb oder über das Spritzwasser bei starken Regenfällen. Eine Belastung über das von den Wurzeln aufgenommene Bodenwasser ist wegen der schlechten Pflanzenverfügbarkeit der Schwermetalle unbedeutend.

Der minimal erhöhte **Quecksilbergehalt** in einer der beiden untersuchten Grasproben des Standortes **MUX 3** ist vernachlässigbar.

Arsengehalte über dem Richtwert von 20 ppm Arsen im Boden sind im ostalpinen Bereich völlig normal. Das Arsen ist überwiegend geogenen Ursprungs und kaum pflanzenverfügbar. Daher liegen auch die Schadstoffgehalte in den untersuchten Pflanzenproben meist im normalen Gehaltsbereich.

Die erhöhten Arsengehalte in den beiden Grasproben des Standortes **VFD 5** sind auf die extrem hohen Schadstoffgehalte im Boden zurückzuführen, welche über den Weidebetrieb zu einer Kontamination der Pflanzen mit den Bodenpartikeln geführt haben. Auch die in einer von vier untersuchten Grasproben des Standortes **NEU 1** festgestellten erhöhten Arsengehalte sind aller Wahrscheinlichkeit nach auf eine Partikelkontamination zurückzuführen.

Die Höchstwerte der Futtermittelverordnung für Arsen (2,3 mg/kg TS.) werden nicht überschritten.



Organische Schadstoffe:

Die chlorierten Kohlenwasserstoffe (HCB, Lindan und DDT):

Allgemeines:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Im Bezirk Murau wurden an keinem der Untersuchungsstandorte Rückstände von **HCB** oder **Lindan** gefunden.

DDT - Rückstände waren nur am Ackerstandort **NEU 10** feststellbar:

DDT in ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Horizont 1 1988	Horizont 1 1989	Horizont 2	Horizont 3
NEU 10	149	410	< 15	< 15

< 15 Gehalt kleiner als Bestimmungsgrenze

Auffallend ist der große Gehaltsunterschied in den beiden Untersuchungsjahren 1988 und 1989. Es handelt sich bei den Belastungen um lokal eng begrenzte Rückstände mit sehr großer lokaler Variabilität. In diesem Zusammenhang ist auch die Tatsache, dass bei der ersten Zehnjahreskontrolle 1998 keine Rückstände gefunden wurden als Indiz für die Inhomogenität des Schadstoffes im Boden und nicht für dessen Abbau zu werten. Eine Tiefenverlagerung des Schadstoffes erfolgt offensichtlich nur durch ackerbauliche Maßnahmen.

Die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's):

Allgemeines:

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

PAH's entstehen bei diversen Verbrennungsvorgängen, egal ob es sich um eine Verbrennung von Kohle, Öl, Kraftstoffen, Holz oder Zigarettentabak handelt. Bei der alleinigen Verbrennung einer organischen Substanz (z. B.: Erdöl) entsteht zwar ein charakteristisches Verteilungsmuster der PAH - Einzelsubstanzen (PAH-Profil), dennoch ist eine 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. Besonders Augenmerk sollte daher der Rußpartikel - Emission aus den Dieselmotoren des ständig wachsenden Schwerverkehrs und der zunehmend großen Anzahl dieselbetriebener Pkw's gewidmet werden.

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

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

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

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

Zur leichteren Interpretierbarkeit der Untersuchungsergebnisse wird folgende grobe **Klasseneinteilung** getroffen (ppb = µg/kg):

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

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 mehr als 500 ppb auch die Unterböden kontrolliert.

Untersuchungsergebnisse:

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

PAH-Summe (Horizont 1)	Anzahl Standorte		
	Ubiquitäre Belastung	Erhöhte Belastung	Starke Belastung
Grünland	41	4	2
Acker	6	-	-
Hochalm	23	-	-
Wald	4	-	-
Alle Standorte in MU in %	92 %	5 %	3 %
Steiermark - Raster in %	93 %	5 %	2 %

→ Die PAH - Belastung im Bezirk Murau ist generell gesehen sehr niedrig und liegt mit Ausnahme von sechs Untersuchungsstandorten im Bereich der heute üblichen ubiquitären Umweltbelastung.

Die Standorte **MUB 9** und **MUX 20** weisen eine **starke Belastung** auf, an den Untersuchungsstellen **NEU 1**, **MUB 4 + 6** und **MUX 2** ist die Belastung mit PAH's **erhöht**.

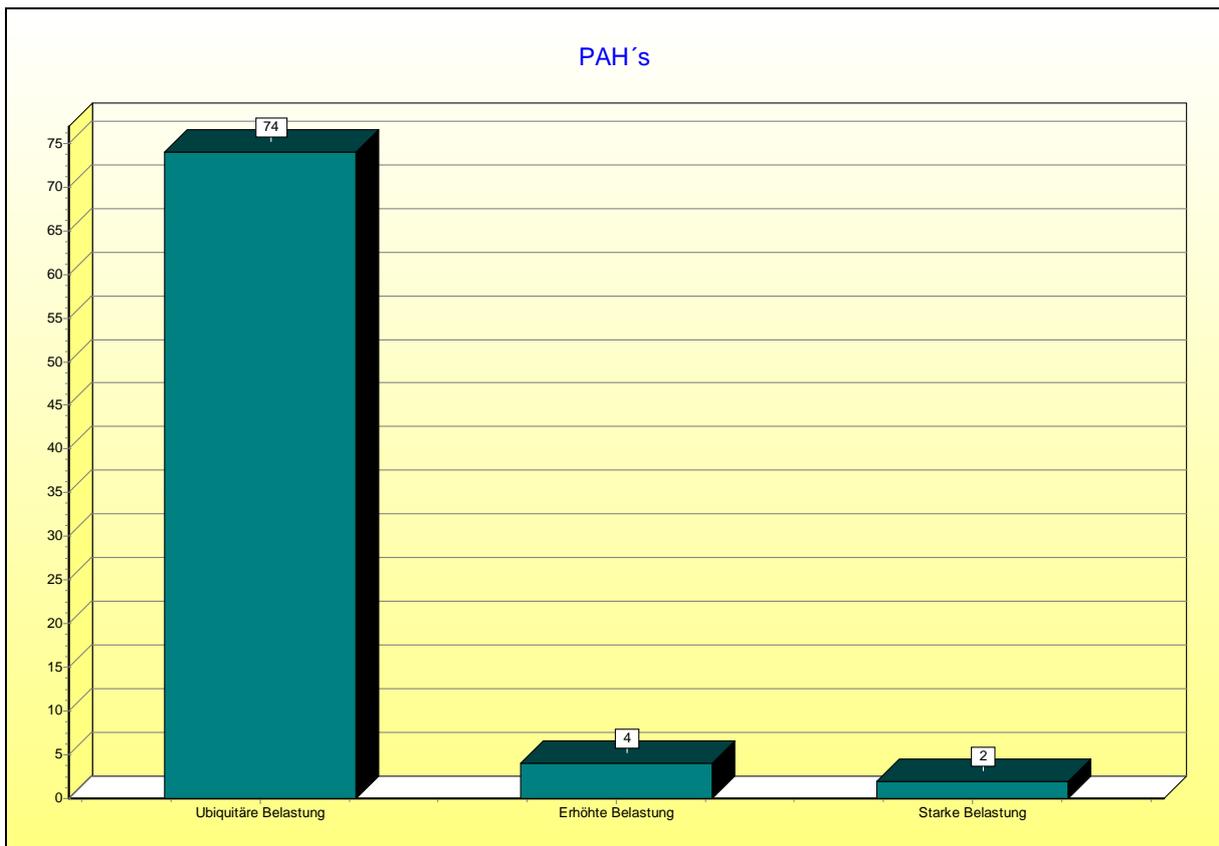
Die Standorte NEU 1, MUB 4 + 6 und MUX 20 sind Auböden, sodass hier die Schadstoffe vermutlich über viele Jahrzehnte hinweg bei Überschwemmungsereignissen in den Boden eingetragen wurden. Die Herkunft der PAH's an den beiden Standorten MUB 9 und MUX 2 ist ungeklärt.

Eine Besonderheit findet man am Grünlandstandort **NEU 7**. Hier sind die Gehalte des Oberbodens sehr niedrig und im Unterboden mit einer PAH-Summe von 708 ppb stark erhöht. Den Großteil der PAH's - nämlich 705 ppb - macht aber die Substanz **Perylen** aus, welche hier im Torfboden des Standortes gezielt auf natürliche Weise synthetisiert wird.

Die statistischen Richtwerte der im Bezirk Murau untersuchten Standorte lauten:

PAH-Summe in ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Horizont 1
Minimum	10,50
Maximum	722,50
Mittelwert	74,39
Median - Murau	42,25
Median - Steiermark	45,50

Der Mediangehalt der Böden im Bezirk Murau entspricht in etwa jenem der landesweiten Rasteruntersuchungen.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des PAH-Gehaltes

Triazin - Rückstände:

Allgemeines:

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

Atrazin, Simazin, Cyanazin, Terbutylazin und Propazin.

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Bei den Ackerstandorten **MUD 10** (1995/96) + **MUD 11** (1995) wurden Triazine untersucht und **keine Rückstände** gefunden.

Gleiches gilt für die Zehn-Jahreskontrollen an den Standorten **MUA 4**, **MUD 7** und **MUD 11**.

Die beiden Wechselländer **NEU 8** und **10** werden seit über 20 Jahren nicht mehr geackert und wurden daher nicht auf Triazin-Rückstände hin kontrolliert.

Erläuterung der Abkürzungen

Die Untersuchungsparameter:

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

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

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

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

HCB	Hexachlorbenzol
PAH's, PAH	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Konzentrationsangaben:

ppm	„part per million“, z. B.: mg/kg (Milligramm pro Kilogramm)
ppb	„part per billion“, z. B.: ng/g (Nanogramm pro Gramm)

Literatur

Erläuterungen zur Bodenkarte 1: 25.000 der Österreichische Bodenkartierung.

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

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

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

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

Metalle in der Umwelt, Ernest Merian, 1984.

Steirische Bodenschutzberichte 1988 - 2005.

Niederösterreichische Bodenzustandsinventur, 1994.

Oberösterreichischer Bodenkataster - Bodenzustandsinventur 1993.

Bodenzustandsinventur Kärnten, 1999.

Diverse ÖNORMEN des Österreichischen Normungsinstitutes.

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

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

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

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

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

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

IMPRESSUM

Herausgegeben von:

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

Redaktion, Layout und Inhalt:

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

Druck:

A2- Zentrale Dienste

