

Bodenzustandsinventur Bezirk Radkersburg

Bodenschutz- bericht 2001



AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG



Das Land
Steiermark

FA10B - Landwirtschaftliches Versuchszentrum
➔ Referat Boden und Bodenschutz

Vorwort



Das im Jahre 1986 begonnene und ein Jahr später mit dem Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzgesetz sowie der Bodenschutzprogramm-Verordnung auf eine rechtliche Grundlage gestellte Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm dient dem Schutz landwirtschaftlicher Böden vor einem die Produktionskraft gefährdenden Schadstoffeintrag und der Erhaltung einer nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit.

Zu diesem Zweck wird in der Steiermark ein Netz ständiger Bodenprüfstandorte eingerichtet, an denen laufend Zustandskontrollen durchgeführt werden. Nach einer zweijährigen Basisuntersuchung des Bodenzustandes werden alle Untersuchungsstandorte in Abständen von zehn Jahren im Rahmen einer Bodendauerbeobachtung wiederholt kontrolliert um Bodenveränderungen feststellen zu können.

Die Böden werden in mehreren Tiefenstufen auf etwa 40 allgemeine Bodenparameter, sowie Nähr- und Schadstoffe untersucht. Falls dabei Schadstoffeinflüsse festgestellt werden, erfolgt eine flächenhafte Abgrenzung des belasteten Gebietes und eine Eruiierung der Herkunft der unerwünschten Substanzen. Zur Abklärung eines eventuellen Gefährdungspotentials werden zusätzliche Untersuchungen (Pflanzen, Wasser) durchgeführt.

Der vorliegende Bericht präsentiert die aktuellen Ergebnisse des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Radkersburg. Zwei landwirtschaftliche Fachbeiträge aus der Untersuchungsregion ergänzen das Bild des Bodenzustandes und der landwirtschaftlichen Situation im Bezirk.



Inhaltsangabe

	Seite
<u>Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Radkersburg</u>	
Zusammenfassung	3
1. Zielsetzung und gesetzlicher Auftrag	6
2. Durchführung der Untersuchungen	7
3. Geologie	11
4. Bodentypen	15
5. Bodenbildendes Ausgangsmaterial	20
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	57
Zink	58
Blei	59
Chrom	60
Nickel	61
Kobalt	62
Molybdän	63
Cadmium	64
Quecksilber	65
Arsen	66
Untersuchung von Pflanzenproben	67
Organische Schadstoffe	68
Die chlorierten Kohlenwasserstoffe HCB, Lindan + DDT	68
Die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe	69
Triazin - Rückstände	71
<u>Fachbeiträge:</u>	72
• Die Landwirtschaft im Bezirk Radkersburg (Auszüge aus Berichten der Bezirkskammer für Land- und Forstwirtschaft Radkersburg)	73
• Läuse- und Unkrautbekämpfung bei Ölkürbis (Versuchsreferat der Steirischen Landwirtschaftsschulen)	77
Untersuchungsergebnisse	
Erläuterung der Abkürzungen	81
Literatur	82
Impressum	83

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Radkersburg:

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 Landwirtschaftlichen Versuchszentrum in den Jahren 1993 und 1998 **24 Untersuchungsstandorte im Bezirk Radkersburg** eingerichtet und die Böden auf die vom Gesetz geforderte Vielzahl von Parametern (allgemeine Bodenparameter, Nähr- und Schadstoffe) hin untersucht.

Der vorliegende Bericht präsentiert die Ergebnisse dieser Bodenzustandsinventur des Bezirkes Radkersburg.

Untersuchungsergebnisse:

Allgemeine Bodenparameter:

Der **Humusgehalt** der untersuchten Böden ist mit Ausnahme eines Standortes in Ordnung. Am Standort mit zu niedrigem Gehalt an organischer Substanz sind landwirtschaftliche Maßnahmen zur Humusvermehrung zu treffen.

Der **pH-Wert** oder **Säuregrad** ist vergleichbar mit den Ergebnissen der landesweiten Rastererhebungen (Bodenschutzbericht 1998) an etwa einem Drittel der Standorte zu sauer, sodass auf diesen Böden als bodenverbessernde Maßnahme eine Kalkung angebracht ist. Als Ursache der Bodenversauerungen ist in erster Linie das kalkarme Ausgangsmaterial der Böden zu sehen. Mehr als 90 % der Standorte liegen im weitestgehend kalkfreien Bereich von 0 - 0,5 % **Kalkgehalt** im Boden.

Nährstoffe, Spurenelemente und das wasserlösliche Fluor:

Phosphor: An etwa der Hälfte der Untersuchungsstandorte findet man sehr niedrige Gehalte. Eine lokale Unterversorgung mit Nährstoffen kann jedoch durch gezielte Düngegaben ausgeglichen werden. Aber auch Überversorgungen wurden festgestellt. Zwei Weinbaustandorte und zwei ackerbaulich genutzte Flächen weisen zu hohe Phosphorgehalte auf. Hier ist von weiteren Düngegaben abzusehen (die Besit-

zer/Pächter der landwirtschaftlichen Flächen wurden von den Untersuchungsergebnissen informiert).

Kalium: Die Hälfte der untersuchten Standorte im Bezirk Radkersburg weist bei der Versorgung mit dem Nährstoff Kalium Überdüngungen auf! Es wird empfohlen Düngungen nur entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung und Empfehlung durch die Düngeberatungsstelle der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft durchzuführen.

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

Bor: 75 % der Böden liegen im mittleren Gehaltsbereich. An fünf Ackerstandorten, wo ein sehr niedriger Borgehalt festgestellt wurde, ist im Falle einer Kultivierung von borbedürftigen Pflanzen eine entsprechende Düngegabe in Erwägung zu ziehen.

Die pflanzenverfügbaren Spurenelemente Kupfer, Zink, Mangan und Eisen:

Die Spurenelementgehalte der im Bezirk Radkersburg untersuchten Standorte sind im Großen und Ganzen mit den Ergebnissen der landesweiten Bodenzustandsinventur vergleichbar. Düngungen an unterversorgten Böden sollen nur bei Verdacht auf Mangelerscheinungen durchgeführt werden. An zwei Weinbaustandorten jedoch sind die Gehalte des EDTA-extrahierbaren Kupfer im sehr hohen Gehaltsbereich, was sich auf das Bodenleben negativ auswirken kann. Ursache ist die jahrzehntelange Verwendung von kupferhaltigen Spritzmitteln im Pflanzenschutz.

Die austauschbaren Kationen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium:

Aus dem Antagonismus der Magnesium- und Kaliumionen heraus könnte sich an fünf Ackerstandorten trotz eines ausreichenden Magnesiumgehaltes ein Mangel an diesem Nährstoff ergeben. Da meist eine Überdüngung mit Kalium die Verfügbarkeit des Magnesium blockiert, ist durch eine Rücknahme der Kalidüngung auch dieses Problem vermutlich in den Griff zu bekommen.

Das wasserlösliche Fluor: Im Bezirk Radkersburg findet man im Vergleich zu den landesweiten Untersuchungsergebnissen auf Grund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung wesentlich häufiger erhöhte Fluorgehalte im Boden (54 % der Standorte weisen Fluorgehalte über 1,2 mg/kg auf). Die erhöhten Fluorwerte korrelieren meist mit erhöhten Gehalten an Kalium und Phosphor und stammen daher vermutlich größtenteils aus Düngemitteln. Schädigungen an Pflanzen sind derzeit in der Steiermark auch bei Standorten mit sehr hohem Anteil an wasserlöslichem Fluor nicht bekannt.

Schwermetalle:

Der Bezirk Radkersburg zählt auf Grund seiner geologischen Ausgangssituation und dem Fehlen von großindustriellen Betrieben zu den am wenigsten mit Schwermetallen belasteten Regionen der Steiermark.

Geringfügig erhöhte **Blei-** und **Cadmiumwerte** findet man nur an zwei Untersuchungsstellen. Die Herkunft der Schadstoffe ist durch das bodenbildende Schwemmmaterial der Mur erklärbar.

In den beiden Weinanlagen des Untersuchungsprogramms findet man durch die jahrelange Verwendung von Spritzmitteln erhöhte **Kupfergehalte** im Boden. Da an einem Standort auch der gesetzliche Grenzwert für Kupfer überschritten wird, wurden - um einen eventuellen Transfer vom Boden in die Pflanzen nachzuweisen - Weintrauben untersucht. Deren Kupfergehalte erwiesen sich aber als normal.

Alle übrigen untersuchten Schwermetalle liegen im naturgegebenen, in der Steiermark üblichen Gehaltsbereich.

Organische Schadstoffe:

An drei Ackerstandorten wurden Rückstände des chlorierten Kohlenwasserstoffes **DDT** gefunden. 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 wahrscheinlich um lokal eng begrenzte Rückstände.

Die Bodengehalte an **polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** des Bezirkes liegen mit Ausnahme eines Standortes alle im Bereich heute üblicher, ubiquitärer Belastung. Die Untersuchungsstelle, an der eine leicht erhöhte Belastung festzustellen ist, ist jene, wo auch die Blei- und Cadmiumgehalte erhöht sind. Die Herkunft der Schadstoffe ist vermutlich auch hier auf das bodenbildende Schwemmmaterial der Mur zurückzuführen.

Die Ergebnisse der Rückstandsuntersuchungen auf Triazinherbizide (Unkrautvernichtungsmittel) im Boden der ackerbaulich genutzten Standorte ergaben fallweise Rückstände von **Atrazin**. Die Höhe der gefundenen Atrazinrückstände lässt auf einen umweltbewussten Einsatz der Pflanzenschutzmittel vor dem Aufbringungsverbot 1995 rückschließen. Danach untersuchte Böden zeigen nur abklingende minimale Atrazingehalte und belegen so die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmung.

Das weitere Vorgehen

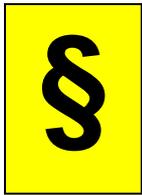
Die in diesem Bericht präsentierte Bodenzustandsinventur des Bezirkes Radkersburg ist ein wichtiger 1. Schritt in der Erweiterung unserer Kenntnisse über den Boden. Erst über das Wissen bestehender Belastungen und die generelle Belastbarkeit von Böden ist es möglich, geeignete Maßnahmen zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und für einen umfassenden Schutz unserer Lebensgrundlage Boden treffen zu können.

Der nächste notwendige Schritt im Sinne eines nachhaltigen Bodenschutzes ist eine **Bodendauerbeobachtung**, welche in Form von Kontrollen im Zehn-Jahresabstand durchgeführt wird.

Die Bodenzustandsinventur im Bezirk Radkersburg

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 Radkersburg** wurde 1993/94 mit der Einrichtung der ersten 13 Untersuchungsstandorte im 4x4 km Raster begonnen. 1998/99 wurde mit der Untersuchung von 11 weiteren - den Raster verdichtenden - Kontrollstellen das Untersuchungsnetz komplettiert.

Der vorliegende Bodenschutzbericht präsentiert und interpretiert die Ergebnisse dieser Untersuchungen.



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 Radkersburg ergaben sich 23 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 in den Wald fallen, ausgesondert und es ergab sich eine Soll - Anzahl von 14 Rasterstandorten, welche es von der Bodenzustandsinventur zu erfassen galt.

Die Bodenprobennahmen an diesen Untersuchungsstellen wurden 1993 begonnen und im Jahre 1994 (Wiederholungsprobennahmen) abgeschlossen. Ein Standort im Bereich der Therme Radkersburg mußte als nicht beprobbar ausgesondert werden, sodass letztlich **13 Standorte im Rastersystem** untersucht werden konnten.

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

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

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

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

Nichtrasterstandorte:

Um die Lücken im Untersuchungsnetz, welche durch den Wegfall einiger Standorte (Wald, nicht beprobbares Gelände) entstanden sind zu schließen, wurden in den Jahren 1998/99 **11 Nichtrasterstandorte** in der Nähe der ausgefallenen Rasterpunkte untersucht.

In Summe wurden somit im Bezirk Radkersburg 24 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 24 Untersuchungsstandorten im Bezirk Radkersburg 95 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 Untersuchungsstandorte:

Die Bezeichnung der 13 Rasterstandorte der Untersuchungsjahre 1993/94 lautet **RAA 1-7** und **RAB 1-6**, jene der 11 Nichtrasterstandorte (1998/99) **RAX 1-11**.

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

Standortnutzung

Flächenhafte Verteilung der Nutzungsformen im Bezirk Radkersburg:

Bodenfläche nach Nutzung in ha:

Jahr	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen	Gesamtfläche**
1981	20.989,88	10.879,26	1.928,49	33.797,63
1991	20.773,94	10.840,04	2.059,33	33.673,31
1997	20.625,25	10.849,24	2.209,66	33.684,15

* inkl. Gärten und Weingärten

** Flächenänderungen vermessungstechnisch bedingt.

Bodenfläche nach Nutzung (% - Anteil):

Jahr	Landwirtschaftliche Nutzfläche*	Forstwirtschaftliche Nutzfläche	Sonstige Flächen
1981	62,10	32,19	5,71
1991	61,69	32,19	6,12
1997	61,23	32,21	6,56
Steiermark gesamt (1997)	28,13	54,57	17,30

* inkl. Gärten und Weingärten

Quelle: Statistisches Zentralamt, Wien (ÖSTAT) in Bearbeitung des LASTAT - Steiermark (STABIS)

Grob gesprochen werden fast zwei Drittel der Bezirksfläche von Radkersburg landwirtschaftlich und ein Drittel forstwirtschaftlich genutzt. Steiermarkweit gesehen ist die Verteilung der Nutzungsformen umgekehrt.

Im Bezirk herrscht eine kleinbäuerliche Betriebsstruktur vor. Rund 80 % der Betriebe sind kleiner als 10 ha. Die Höfe liegen meist in geschlossenen Siedlungen, die Felder weisen Streulagen auf. Auf Grund von Besitzersplitterung und ungünstiger Parzellenformen (viele lange und schmale Flächen) ist der Einsatz von Maschinen nicht immer optimal durchführbar und die Anfahrtswege sind oft verhältnismäßig lang.

Die Flächen der Niederterrasse werden fast ausschließlich als Ackerland, die Tallagen - sofern sie nicht entwässert wurden - als Grünland genutzt.

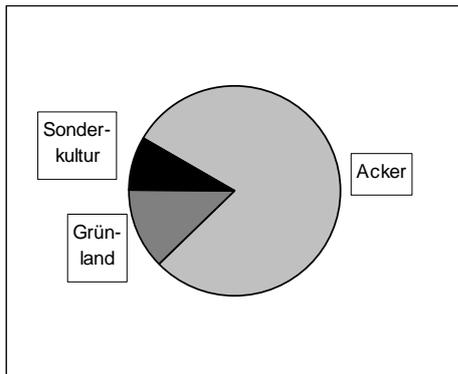
Die Böden der Höheren Terrassen und des Tertiär-Hügellandes werden zu etwa zwei Drittel als Ackerland und zu einem Drittel als Grünland genutzt.

Der Weinbau konzentriert sich um die vulkanischen Erhebungen im Nordosten des Bezirkes (Seindl, Königsberg und Seindling).

Etwa die Hälfte der Ackerfläche dient dem Maisbau, gefolgt von diversen Getreidesorten, Kartoffeln und Ölkürbis. Der Getreidebau bringt durch die in diesem Gebiet gewöhnlich hohe Luftfeuchtigkeit und damit verbunden auch eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit, keine hohen Erträge.

Auf den Rücken und Oberhängen des Hügellandes ist der Edelobstanbau (Apfel, Birne, Pfirsich) weit verbreitet.

Die landwirtschaftliche Nutzung an den Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes:

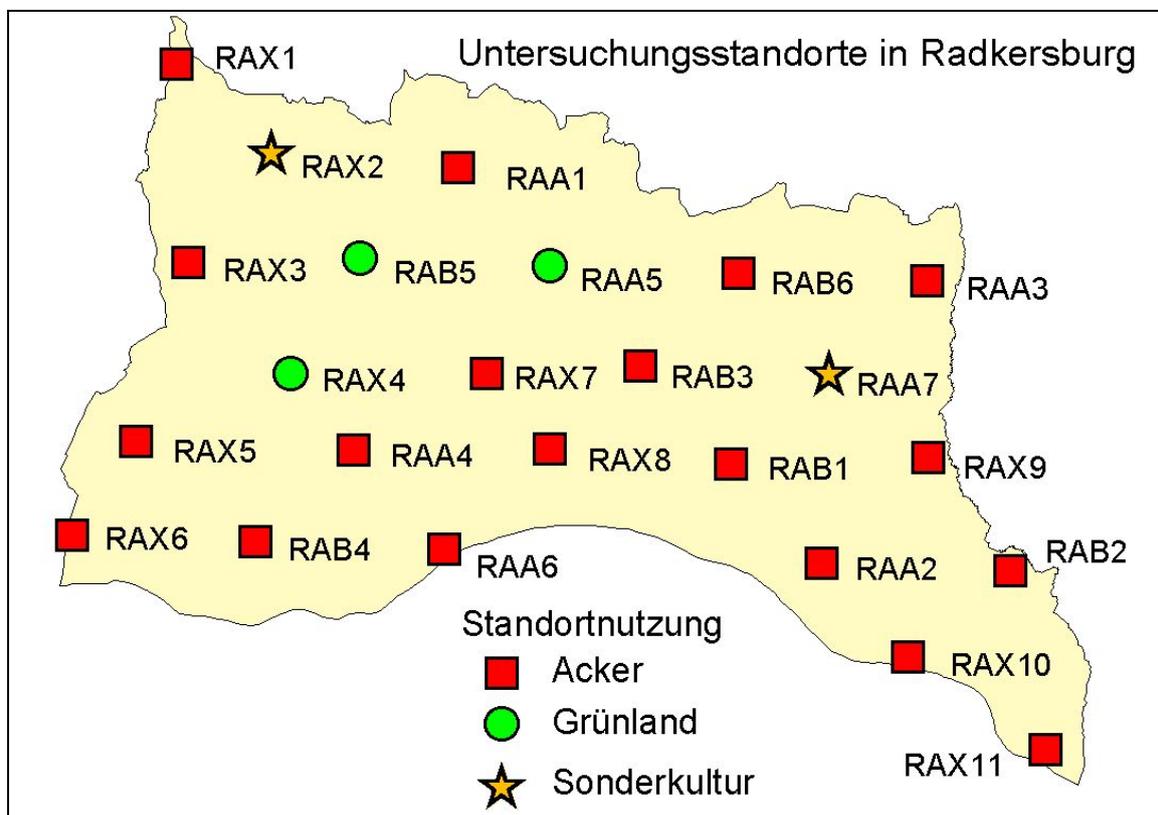


19 Ackerstandorte
3 Grünlandstandorte
2 Sonderkulturen (Wein)

79 % der Untersuchungsflächen im Bezirk Radkersburg werden ackerbaulich, 13 % als Grünland (**RAA 5**, **RAB 5**, **RAX 4**) genutzt. Die Standorte **RAA 7** und **RAX 2** befinden sich in einem Weingarten.

Der Standort **RAA 6** 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 (1993: 0-5 cm, 1994: 0-20 cm) geänderte Gehalte vortäuschen kann.

Die Lage der Untersuchungsstandorte im Bezirk Radkersburg:



3. Geologie

Im Jungtertiär (Miozän, vor 5-23 Millionen Jahren) senkte sich die alte Landscholle des steirischen Beckens allmählich ab und wurde vom Miozän-Meer überflutet. Dieses wurde durch Abschnürung vom Mittelmeer zu einem gewaltigen Binnenmeer (Sarmatisches Meer), welches sich vom Fuß der Alpen bis Zentralasien erstreckte. Sein Salzwasser wurde allmählich zum Brackwasser, bis es völlig aussüßte. Seine Ablagerungen bestehen aus Sanden, Tonmergeln und schluffreichen Tonen. Ihre Mächtigkeit beträgt mehrere hundert Meter. Im Westen des heutigen Bezirkes Radkersburg ist das paläozoische bzw. kristalline Grundgebirge mehr als tausend Meter überdeckt.

Der Nachfolge des Sarmatischen Meeres wird als der „pannonische Süßwassersee“ bezeichnet. Er wurde von Südwesten und Westen her langsam mit Material, welches die Flüsse mitbrachten zugeschüttet und nach Norden zurückgedrängt. Reste dieser Schotter- und Sandablagerungen findet man heute noch an den **Vulkankegeln** (Seindl, Königsberg und Seindling), die aus der Zeit einer regen Vulkantätigkeit am Ende des Tertiärs vor ca. 2 Millionen Jahren stammen. Auch die Entstehung der Mineralwässer der Region fällt in diese Zeit. Die Böden mit vulkanischem Ausgangsmaterial werden heute häufig zum Weinanbau genutzt.

In der folgenden Zeit wurde die Landschaft durch Hebungen und das Einschneiden der Flüsse weiter verändert. Die Reste alter Talböden lassen sich in den gestuften Rücken des **Tertiär-Hügellandes** heute noch erkennen. Der Abfall der tertiären Rücken zu den heute von Norden zur Mur hin ziehenden Grabenlandbäche ist meist sehr steil und man findet oft ausgeprägte Rutschhänge. Neben der Steilheit werden die Rutschungen durch den Wechsel von wasserdurchlässigen und undurchlässigen Schichten bedingt. Die Rutschhänge werden heute extensiv als Streuobstwiesen genutzt. In den Böden des Tertiär-Hügellandes findet man heute einen engräumigen Wechsel von kalkhaltigen und kalkfreien Ablagerungen.

Die letzten gravierenden Änderungen im Quartär (von 1,8 Millionen Jahren bis heute) erfolgten durch die Klimawechsel der Eis- und Zwischeneiszeiten. Während der Eiszeiten waren die Gebirge der Steiermark von mächtigen Gletschern überdeckt und die Flüsse transportierten gewaltige Geschiebemengen, welche sie in Form der heutigen **Terrassen** ablagerten.

In den Zwischeneiszeiten herrschte teils sogar subtropisches Klima, die Aufschüttung durch die Flüsse erlahmte, und eine Phase der Erosion setzte ein. Die Flüsse gruben sich tief ein und die Terrassen wurden durch Nebengerinne zerschnitten.

Parallel zur Entstehung der Terrassenlandschaften kam es zu einer tiefgreifenden Umgestaltung des Tertiärbereiches. Rücken wurden in Kuppen und Sättel aufgelöst, Talschlüsse wurden durch das Einschneiden der Flüsse zurück verlegt und durch Hangrutschungen entstand ein stark gegliedertes Relief.

Entsprechend den vier Eiszeiten Günz, Mindel, Riß und Würm lassen sich heute von oben (älteste Eiszeit: Günz) nach unten (jüngste Eiszeit: Würm) folgende vier - nach den Arbeiten von A. Winkler-Hermaden benannte - Terrassen erkennen:

Rosenberg-Terrasse (Günz-Eiszeit): Nur mehr in Resten auf Rücken und Riedeln in einer Höhe von 280 - 320 m erhalten.

Schweinsbachwald-Terrasse (Mindel-Eiszeit): Auf Grund des Alters ist die Zerschneidung dieser Terrasse in Rücken und Dellen schon weit fortgeschritten. Der größte zusammenhängende Teil befindet sich im Steinriegelwald südlich von Hürtherberg-Klöch. Sie liegt etwa 20-30 m über der Helfbrunner-Terrasse.

Helfbrunner-Terrasse (Riß-Eiszeit): Diese Hochterrasse bildet zum Beispiel im Raum Goritz-Pölsen-Oberpurkla-Unterpurkla weite und ebene Flächen. Der Abfall hin zur Niederterrasse beträgt 6-10 m und ist steil und prägnant.

Im Raum Pleschbach findet man als Besonderheit eine „Flur“, welche 1-3 m über den Talböden liegt. Sie weist die gleiche Lehmdecke und daher auch die gleichen Bodenbildungen wie die Helfbrunner-Terrasse auf.

Niederterrasse (Würm-Eiszeit): Westlich von Unterpurkla liegt diese jüngste Terrasse ca. 1-3 m über der Au der Mur und ist meist durch eine deutliche Stufe von dieser abgetrennt. Zwischen Unterpurkla und dem Drauchenbach ist die Niederterrasse ausgeräumt und setzt sich ab Dornau wieder gegen Osten hin fort. Der Übergang zur Au hin ist aber zunehmend verschliffen.

Der Aufbau der Höheren Terrassen ist einheitlich: Über dem Tertiärsockel liegt ein Schotterpaket von unterschiedlicher Mächtigkeit (im Bereich der Murterrassen sehr mächtig, im Bereich der von Norden zur Mur ziehenden Grabenlandbäche nur wenige Dezimeter tief), darüber eine mehrere Meter dicke Schluff-Lehm-Decke.

Lediglich die jüngste Terrasse (Niederterrasse) weicht in ihrem Aufbau von den mittel- und altquartären Terrassen ab: Über dem Schotterkörper liegt eine nivellierende Feinsedimentdecke von 50-100 cm Mächtigkeit. Diese ist - je nachdem ob sie von der Mur oder einem Seitengerinne aufgebracht wurde - aus lehmig-sandigem, oder feinerem Material. Im Übergang vom leichten Mursediment zum schweren Sediment der Grabenlandbäche kommt es auch zu einer Vermischung der beiden. Das Grundwasser liegt in der Regel in einer Tiefe von 2-4 m und nimmt keinen Einfluß auf den Boden.

Die Talböden der Grabenlandbäche haben einen sehr gleichförmigen und einheitlichen Aufbau, der durch einen schmalen Uferdamm und einer tiefer liegenden Zone zum Talbodenrand hin charakterisiert wird. Der Uferstreifen wird häufig überschwemmt. Die Böden der Talbodenrandzone sind wegen des am Rand austretenden Druckwassers und der schweren Bodenart meist stark vernäßt. Durch Flußregulierungen und Drainagierungsmaßnahmen wurde teilweise eine Grundwasserabsenkung erreicht, sodass eine ackerbauliche Nutzung der Flächen erreicht wurde.

An die Niederterrasse schließt, als jüngstes Glied der Landschaftsentwicklung, die **Au der Mur** an. Ihre Entstehung fällt in die Zeit nach der Würm-Eiszeit bis heute (Holozän) - umfaßt also ungefähr die letzten Zehntausend Jahre. Je nach Lage zur Mur, den Sedimenten und der Reife der Böden unterscheidet man zwei Typen der Au-landschaft:

Rezente Au: Sie liegt im wesentlichen zwischen Mühlbach und Mur und ist größtenteils von Auwäldern bestanden, da häufige Überschwemmungen die Landwirtschaft beeinträchtigen würden. Ihre Böden entstanden aus sehr leichtem, unreifem, jungem und kalkhaltigem Schwemmmaterial, das den Schotterkörper meist mehr als einen Meter überdeckt. Nur kleinflächig tritt der Schotterkörper bis in den Oberboden.

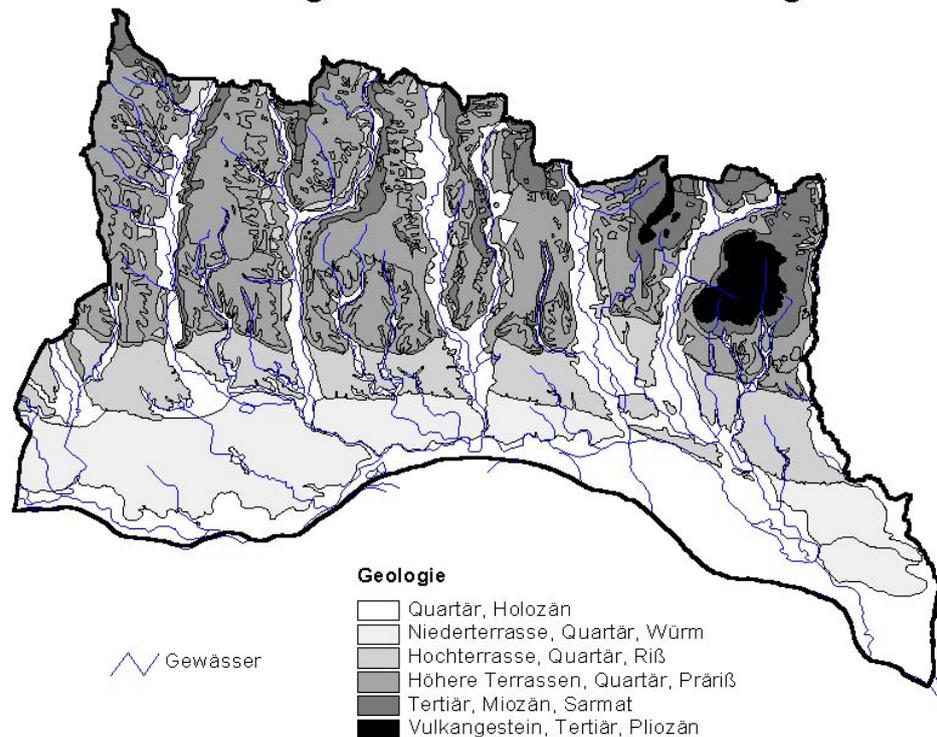
Subrezente Au: Sie befindet sich ca. 0,5 - 2 m über der rezenten Au und wird nur bei Katastrophenhochwässern überschwemmt. Eine Decke aus lehmig-feinsandigen Sedimenten liegt nivellierend über einem Schotterkörper mit unruhiger Oberfläche. Die bodenbildende Material ist tiefgreifend verwittert und seit langem entkalkt.

Entsprechend der geologischen Entwicklung lassen sich im Bezirk Radkersburg grob gesehen fünf Landschaftsräume unterscheiden.

- Der **Aubereich** der Mur im Süden des Bezirkes (Grenzfluß zu Slowenien).
- Vom Aubereich schließt nach Norden hin (bis zu 4 km breit) die **quartäre Niederterrasse** der Würm-Eiszeit an.
- Diese wiederum geht in die lehmbedeckten **Höheren Terrassen** (Präwürm: Günz-, Mindel- und Riß-Eiszeit) und das **Tertiär-Hügelland** über.
- Von Norden kommend haben sich zur Mur hin die **Talböden der Grabenlandbäche** in die Terrassen bzw. das Tertiär-Hügelland eingeschnitten.
- Im älteren Pliozän (vor ca. 2 Millionen Jahren) kam es zu einer regen vulkanischen Tätigkeit. Die **Vulkankegel** des Seindl, Königsberg und Seindling im Nordosten des Bezirkes geben heute Zeugnis von dieser Zeit.

Quelle: Erläuterungen zur Bodenkarte 1: 25.000 der Österreichische Bodenkartierung - Kartierungsbereich Mureck (KB 17) und Radkersburg (KB 45); herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1974 und 1978.

Geologie Bezirk Radkersburg



Die geologischen Großräume im Bezirk Radkersburg:

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. Auch die Vulkanreste im Osten des Bezirkes sind in dieser Zeit entstanden.

Die Verteilung der 24 Standorte des Bodenschutzprogrammes hinsichtlich Geologie und Landschaftsräumen:

Geologischer Großraum	Landschaftsraum	Standortbezeichnung	Anzahl Standorte
Quartär	Au der Mur	RAA 2+6, RAX 10+11	4
	Niederterrasse	RAB 2+4, RAX 6	3
	Höhere Terrasse	RAA 4, RAB 3+6, RAX 1,3,4,7,8+9	9
	Talböden der Grabenlandbäche	RAA 1+5, RAB 1+5, RAX 5	5
Tertiär	Tertiäres Hügelland	RAA 3+7, RAX 2	3

Der Boden des Standortes **RAA 7** besteht aus feinen tertiären Sedimenten, welche teilweise von vulkanischem Verwitterungsmaterial überlagert wurden.

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 Radkersburg findet man folgende Bodentypen:

Niedermoore:

Niedermoore entstehen bei der Verlandung von stehenden oder langsam fließenden Gewässern mit einem bestimmten Pflanzenbewuchs (Seggen, Schilf, Braunmoose). Aus diesen Pflanzen bildet sich Torf, der besonders nach Entwässerung, durch Zersetzung und Vererdung langsam zu Boden wird. Niedermoorböden sind relativ mineralstoffreich und meist leicht kalkhaltig.

Auböden:

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

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

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.

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, Reliktpseudogley und Terra Fusca.

Atypische Böden:

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

Gestörte Böden (Rest-, Kulturroh- und Rigolböden)

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

Bodentypen in den einzelnen Landschaftsräumen:

Während Klima und Vegetation im Bezirk Radkersburg relativ einheitlich sind, ergeben sich durch die Oberflächenausformung und das bodenbildende Ausgangsmaterial bedeutende Unterschiede für die Bodenentwicklung, sodass sich die Bodentypen am besten entsprechend der folgenden Landschaftsräume diskutieren lassen:

Aubereich der Mur:

In der rezenten Au findet man Auböden aus jungem sandigem Schwemmmaterial. Das Bodenmaterial ist im allgemeinen kalkhaltig, oberflächlich jedoch zum Teil entkalkt. Die Böden sind sehr leicht und stark vom Grundwasser beeinflusst. Wegen der Überschwemmungsgefahr sind sie überwiegend bewaldet.

Die subrezente Au wird heute nur noch bei Katastrophenhochwässern überschwemmt und ist durch einen viel weniger schwankenden Grundwasserstand als die rezente Au charakterisiert. Hier findet man reife Braune Auböden mit tiefgreifend verwitterten und seit langem entkalkten Feinsedimenten. Tiefgründige Braune Auböden mit einer ausgeglichenen Wasserführung stellen optimale Ackerstandorte dar. Im Randbereich der Au macht sich zur Niederterrasse hin der Einfluß der Nebengerinne zunehmend bemerkbar. Wo das bindige Sediment der Bäche abgelagert wurde sind die Böden schwerer und man findet auch Gleye, welche naturbedingt Grünlandstandorte darstellen.

Niederterrasse:

Die Niederterrasse ist eine Schotterterrasse, bei der das Grundwasser im allgemeinen so tief liegt, dass es die Böden nicht beeinflusst. Charakteristisch ist ein Nebeneinander von leichten Feinsedimenten, die von der Mur abgelagert wurden und schwerem Schwemmmaterial der Hügellandgerinne. Die Feinsedimentauflage ist relativ mächtig, die Überdeckung des Schotterkörpers mit dem schwerem Schwemmmaterial ist eher gering.

Der häufigste Bodentyp sind Lockersediment-Braunerden. Im Einflußbereich der Nebengerinne entstanden Gleyböden. Dort, wo die Böden von Meliorationsmaßnahmen (Murregulierung um 1850 und neuere Einflußnahmen) erfaßt wurden, erfolgte eine starke Verschlammung und Dichtlagerung des Untergrundes. In der Folge bildeten sich tagwasservergleyte Lockersediment-Braunerden und Pseudogleyen.

Die höheren Terrassen und das Tertiär-Hügelland:

Die lehmbedeckten Terrassen schließen im Norden an die Niederterrasse an und steigen treppenförmig zu den Rücken des Tertiär-Hügellandes auf. Charakteristisch für diesen Bereich ist eine lehmig-schluffige Feinsedimentdecke (Decklehm), die größtenteils zu einem dichten Staukörper umgeprägt ist und Tagwasserstau hervorruft. Der dominante Bodentyp ist der Pseudogley.

Die charakteristische Oberflächenausformung einer Terrasse findet man heute aber nur bei der entwicklungsgeschichtlich jüngeren, der Helfbrunner-Terrasse. Die älteren Terrassen sind bereits stärker zerschnitten und in ihrer Ausformung dem Hügelland ähnlicher. Da die Quartärlehmdecke nicht sehr mächtig ist, tritt dort auf exponierten Stellen vielfach das unterlagernde Tertiärmaterial an die Oberfläche und man

findet hier auf engstem Raum ein Nebeneinander von Böden mit quartärem und tertiärem Ausgangsmaterial.

Dies ist auch der Grund warum die höheren Terrassen und das Tertiär-Hügelland zu einem Landschaftsraum zusammengefaßt wurden. Im Tertiär-Hügelland sind es vorwiegend die extreme Reliefausbildung und der starke Wechsel des bodenbildenden Ausgangsmaterials, die zur Abgrenzung der Bodenformen führen. Im Bereich der quartären Lehmdecke ist das Substrat einheitlich und die Oberflächenausformung sanft. Hier ist das Kleinrelief für die Entwicklung der Böden bestimmend.

Unverrutschte Steilhänge in Süd- und Westexposition des Hügellandes werden bei kalkhaltigem Bodensubstrat gerne als Weingärten genutzt. Der Bodentyp ist dann ein Rigolboden.

Die Talböden der Grabenlandbäche:

In den Tälern der Nebengerinne wird die Bodenform hauptsächlich durch die Korngrößenverteilung des Schwemmmaterials und das Wasserangebot bestimmt. Der Mensch hat hier durch Meliorationen und Flußregulierungen großen Einfluß auf die Bodenentwicklung genommen, sodass man heute ein Nebeneinander verschiedenster Bodentypen findet (Auböden, Gley, Pseudogley, Lockersediment-Braunerden).

Am Talausgang der Schwarza östlich von Seibersdorf bei St. Veit liegt ein Niedermoor (13 ha).

Die Böden der Vulkankegel:

Die Vulkangesteine Basalt, basaltische Schlacke (Lungenstein) und geschichtete graue Tuffe nehmen im Bereich Seindl-Königsberg nördlich von Klösch eine große geschlossene Fläche ein. Im Bereich Preguggenberg-Hochstrandler-Seindling nordwestlich davon sind sie nur kleinflächig vertreten. Auf dem Basalt und seinen basenreichen Schlacken ist ein kalkfreier Rotlehm erhalten geblieben, der als Reliktboden (im Tertiär entstanden) angesprochen werden muß. Er ist nur kleinflächig ungestört erhalten, da er durch das Rigolen in jahrhundertelanger Weingartennutzung überprägt wurde.

Ähnlich günstig (Speichervermögen, Struktur, Nährstoffangebot) für den Weinanbau sind die Rigolböden aus vulkanischem Tuff.

Im Übergang vom vulkanischen Gestein zum Tertiär kommt es kleinräumig zu einem Wechsel von kalkfreien Rotlehmen zu kalkfreien Kulturrohböden. Dieser Bodenkomplex ist durch ein unruhiges, flachwelliges Relief mit Quellstellen und vereinzelt kleinsten Rutschungen gekennzeichnet.

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

Bodentypen	ha	%	Standorte im Bodenschutzprogramm	
			Bezeichnung	Anzahl
Moorböden	13	0,1	---	---
Aubodengruppe	2.610	12,9	RAA 2+6, RAX 10+11	4
Gleygruppe	2853	14,1	RAA 1+5, RAB 1,2+5, RAX 5	6
Braunerdegruppe	8078	40,0	RAA 3, RAB 4, RAX 4,6+7	5
Pseudogleygruppe	4.450	22,0	RAA 4, RAB 3+6, RAX 1,3,8+9	7
Reliktbodengruppe	268	1,3	---	---
Atypische Böden (Rigolböden)	1932	9,6	RAA 7, RAX 2	2
Summe:	20.204 ha	100 %	---	24

Die von der Bodenkartierung bearbeitete Fläche von 20.204 ha entspricht der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Bezirkes zum Zeitpunkt der bodenkundlichen Erfassung.

Vom Bodenschutzprogramm nicht erfasst wurden Vertreter der Moorböden und der Reliktbodengruppe, da sie zusammen nur 1,4 % der Böden in der Untersuchungsregion ausmachen.

Vertreter der Rendsina-Ranker- und der Podsolgruppe kommen im Bezirk Radkersburg überhaupt nicht vor.

(**Literatur:** Erläuterungen zur Bodenkarte 1: 25.000 der Österreichische Bodenkartierung - Kartierungsbereich Mureck (KB 17) und Radkersburg (KB 45); herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1974 und 1978.)

5. Bodenbildendes Ausgangsmaterial

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

Metamorphe Gesteine

Quarzit
Gneis, Granulit
Amphibolit
Grünschiefer, Chloritschiefer
Phyllit
Glimmerschiefer
Marmor

Feste Sedimentgesteine

Konglomerat, Brekzie
Sandstein
Mergel
Kalk
Dolomit

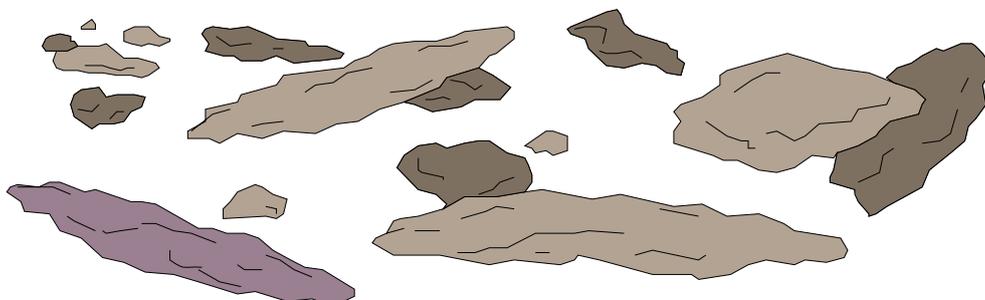
Lockersedimente

Grobe Lockersedimente

Schotter
Moräne
Hangschutt
Sonstige

Feine Lockersedimente

Grobe und feine Lockersedimente gemischt



Das bodenbildende Ausgangsmaterial der 24 Untersuchungsstandorte im Bezirk Radkersburg besteht einheitlich aus **feinen Lockersedimenten**.

6. Erosion

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

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

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°
Grünland, Obstanlagen	---	≥ 20°	0 - 19°
Weinanlagen	---	≥ 10°	0 - 9°

An den 24 Standorten des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Radkersburg besteht bei folgenden 8 Untersuchungsstellen eine **mäßige** Erosionsgefährdung:

Acker: RAA 3, RAB 3+6 und RAX 3,7+9.

Sonderkultur (Wein): RAA 7 und RAX 2.

Zum Thema Erosion in Weingärten muss gesagt, dass durch die Begrünung bzw. Mulchaufgabe die Gefahr von Bodenabtrag sehr gering ist.

An den übrigen 16 Untersuchungsstandorten besteht **keine** Erosionsgefährdung.

Die Erosionsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Radkersburg:



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

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

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

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

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

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

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

An den 24 Untersuchungsstellen des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Radkersburg besteht bei folgenden 8 Ackerstandorten eine **starke** Verdichtungsgefährdung:

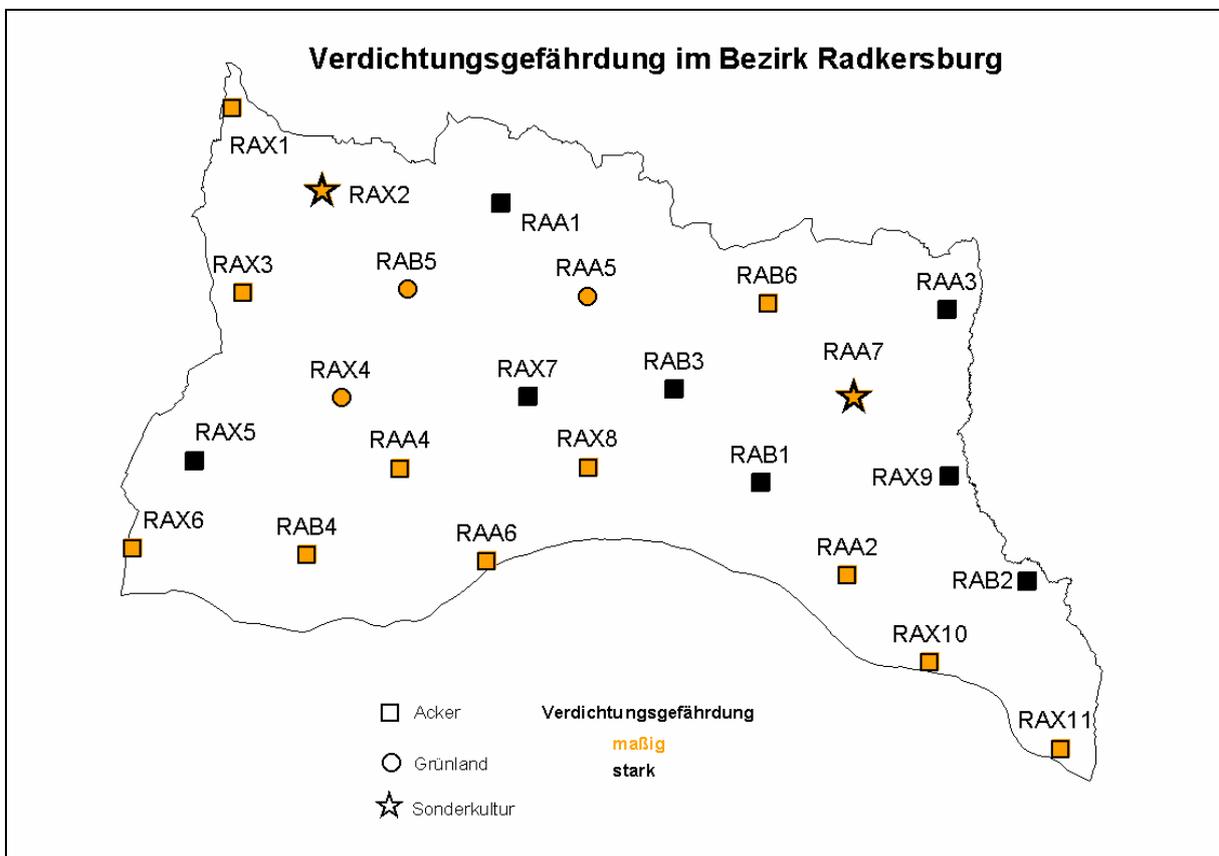
RAA 1+3, RAB 1,2+3 und RAX 5,7+9.

Bei der bodenkundlichen Profilbeschreibung der Untersuchungsstandorte **RAA 1** und **RAB 2** wurden bereits durch Bewirtschaftungsfehler hervorgerufene Verdichtungen festgestellt.

An den übrigen 16 Untersuchungsstandorten ist die Verdichtungsgefährdung **mäßig**.

Standorte ohne Verdichtungsgefährdung weist das Untersuchungsprogramm nicht aus, da keine Grünlandstandorte mit leichten Böden (Tongehalt unter 15 %) untersucht wurden.

Die Verdichtungsgefährdung der Untersuchungsstandorte im Bezirk Radkersburg:



8. Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur

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

Das Informationspaket umfaßt:

- Eine bodenkundliche Profilbeschreibung des Untersuchungsstandortes.
- Eine verbale Beurteilung der Untersuchungsergebnisse des Oberbodens.
- Die detaillierten Analysenwerte der untersuchten Bodenhorizonte aller Beprobungsjahre.
- Erläuterungen zu den Analysenwerten.

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

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

www.stmk.gv.at/luis/umweltschutz/bodenschutz



Ausgehend von einer Übersichtskarte der Steiermark lassen sich derzeit alle **Rasterstandorte (ca. 4x4 km)** per Mausklick anwählen und man gelangt unmittelbar zu den Einzelwerten der durchgeführten Untersuchungen. Weiters können zu jedem Parameter Erklärungen zur Wertinterpretation abgerufen werden. Auch die bodenkundlichen Profilbeschreibungen sind dem Internetbenutzer zugänglich.

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

Weitere Informationen über den Bodenzustand in Österreich bietet die Homepage des Umweltbundesamtes - Wien (UBA) mit dem Programm BORIS (BODen-Rechnergestütztes InformationsSystem).

Die Internetadresse lautet: **www.ubavie.gv.at**

Im Programm **BORIS-Expert** (kostenpflichtige Zugriffsberechtigung erforderlich) stehen dem Benutzer unter anderem die Untersuchungsergebnisse des steiermärkischen Bodenschutzprogrammes der Untersuchungsjahre 1986 - 1997/98 (Raster- und Nichttrasterstandorte) in einem österreichweit standardisiertem Datenschlüssel zur Verfügung.

Allgemeines

Die Untersuchung der Parameter wird gemäß der Bodenschutzprogrammverordnung durchgeführt, wobei die Analyse der chlorierten und polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe prinzipiell nur im Oberboden erfolgt und der jeweilige Unterboden nur bei Auffälligkeiten im Gehalt der Krumme 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 ± 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 ± absoluter Analysenfehler**
- Höhere Gehalte als der Medianwert: **Meßwert ± 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
DDT > 15	µg/kg	14,85	47

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

Rückstände des Maisherbizids **Atrazin** weisen im Boden eine große örtliche und zeitliche Variabilität auf. Der Analysenfehler liegt in der Größenordnung von ± 20 µg/kg.

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

Durchschnittsgehalte im Oberboden:

Parameter	Einheit	Mediangehalte (Bez. Radkersburg)	Mediangehalte (Raster Steiermark)
Sand	%	20,50	34,00
Schluff	%	59,00	48,00
Ton	%	15,50	17,00
Humus	%	2,55	5,40
P2O5	mg/100g	8,25	5,50
K2O	mg/100g	23,75	17,50
pH-Wert	---	5,68	5,35
CaCO ₃ > 0	%	0,05	0,10
CaKat	mg/100g	206,00	242,75
MgKat	mg/100g	23,92	24,08
KKat	mg/100g	20,50	12,65
NaKat	mg/100g	1,10	1,15
Mg	mg/100g	17,08	16,00
Bor	mg/kg	0,32	0,30
EDTA-Cu	mg/kg	5,25	5,00
EDTA-Zn	mg/kg	4,70	6,57
EDTA-Mn	mg/kg	277,25	282,75
EDTA-Fe	mg/kg	335,25	516,00
Fluor	mg/kg	1,24	0,51
Cu	mg/kg	22,08	25,40
Zn	mg/kg	82,07	94,88
Pb	mg/kg	19,45	24,15
Cr	mg/kg	37,45	40,92
Ni	mg/kg	24,75	27,33
Co	mg/kg	12,27	12,95
Mo	mg/kg	0,63	0,80
Cd	mg/kg	0,17	0,24
Hg	mg/kg	0,08	0,12
As	mg/kg	10,43	11,45
PAH-Summe	µg/kg	44,15	45,50
DDT > 15	µg/kg	46,75	31,50

Aus dem **Vergleich der Durchschnittsgehalte** der Steiermark mit jenen der Böden im Bezirk Radkersburg läßt sich grob gesehen folgendes erkennen:

- Die Schwermetalle weisen generell niedrigere Gehalte auf, was sowohl auf eine geringere geogene Grundbelastung, als auch auf eine niedrigere Umweltbelastung zurückzuführen ist.
- Der vergleichsweise hohe Anteil an ackerbaulich genutzten Flächen im Bezirk Radkersburg bedingt einen niedrigeren Durchschnittsgehalt an Humus und erhöhte Werte der durch Düngungsmaßnahmen beeinflussten Parameter Phosphor, Kalium und Fluor.

Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe:

Zur Beurteilung der Untersuchungsergebnisse werden in erster Linie die " Richtlinien für sachgerechte Düngung" - 5. Auflage des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft von 1999 herangezogen.

Sand, Schluff, Ton:

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

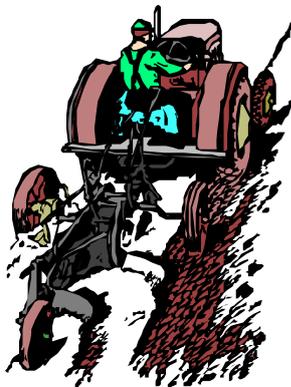
Allgemeines:

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

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

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

Die Bestimmung der Korngrößen erfolgt nach ÖNORM L1061.



Untersuchungsergebnisse:

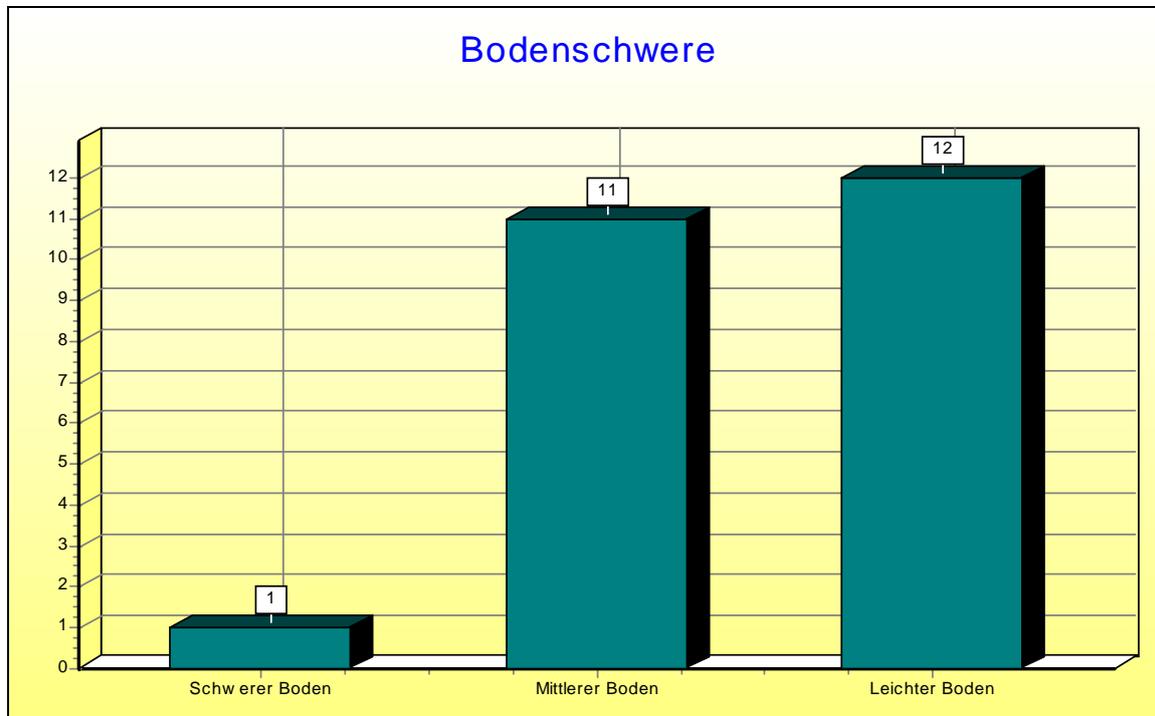
Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen der **Bodenschwere** im Bezirk Radkersburg lauten:

Bodenschwere	Anzahl Standorte		
	„schwer“	„mittel“	„leicht“
Grünland	1	2	0
Acker	0	8	11
Sonderkultur	0	1	1
Alle Standorte in RA in %	4 %	46 %	50 %
Steiermark - Raster in %	15 %	49 %	36 %

→ Im Vergleich zu den landesweiten Erhebungen wurden im Bezirk Radkersburg deutlich weniger schwere Böden erfasst - es dominieren leichte und mittelschwere Böden.

Der einzige schwere Boden am Standort **RAB 5** wird als Dauergrünland genutzt und weist einen Tongehalt von 34 % auf.

Die drei Standorte **RAA 4**, **RAB 6** und **RAX 8** sind sogenannte "Schluffböden" mit mehr als 75 % Schluffanteil. Es sind leichte Böden, welche ackerbaulich genutzt werden.



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, wie die Pufferkapazität oder die Strukturstabilität in positivem Sinne. Humus ist deshalb nicht nur ein wesentlicher Faktor der Bodenfruchtbarkeit, sondern 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 Metall-organische 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 Bodenkultur - Außenstelle Graz).

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

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

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

Im Grünland besteht keine Gefahr der Unterschreitung der Mindestgehalte.

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

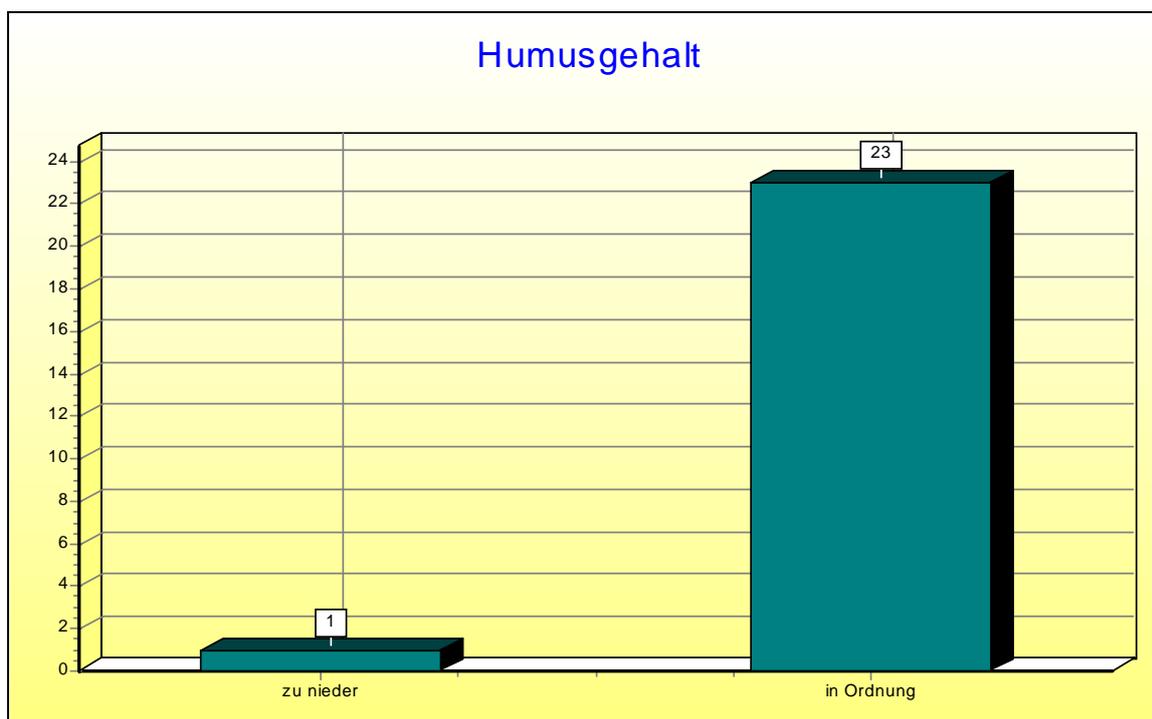
Untersuchungsergebnisse:

Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Humusgehaltes** im Bezirk Radkersburg lauten:

Humusgehalt	Anzahl Standorte	
	„zu nieder“	„in Ordnung“
Grünland	0	3
Acker	1	18
Sonderkultur	0	2
Alle Standorte in RA in %	4 %	96 %
Steiermark - Raster in %	3 %	97 %

→ Im Bezirk Radkersburg wurde den bisherigen landesweiten Untersuchungsergebnissen entsprechend nur im Ackerboden des Standortes **RAX 5** ein zu niedriger Humusgehalt festgestellt. Er beträgt für den mittelschweren Boden (Tongehalt: 20 %) im Mittel der beiden Untersuchungsjahre 1998/99 1,8 %.

Um den anzustrebenden Mindestgehalt von 2 % Humus zu erreichen sind landwirtschaftliche Maßnahmen zur Humusvermehrung zu treffen.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Humusgehaltes

pH-Wert:

Allgemeines:

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

Im Zuge von Umweltdiskussionen hat die Befürchtung einer zunehmenden Bodenversauerung in den letzten beiden Jahrzehnten immer wieder zu Bedenken gegeben. Dazu kann allgemein gesagt werden, dass der Boden am besten vor Versauerung geschützt ist, wenn seine Austauschkapazität hoch und diese mit Erdalkali-Ionen (Kalzium, Magnesium) gut abgesättigt ist, oder wenn freies Karbonat im Boden vorliegt. Die natürlichen sowie die durch Bewirtschaftung bedingten, unvermeidlichen Basenverluste werden damit kompensiert. In humusarmen Sandböden kann die Versauerung allerdings innerhalb kurzer Zeit schwerwiegende Ausmaße erreichen. Die bisherigen Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung in der Steiermark ergaben keinen Hinweis auf eine zunehmende Versauerung der landwirtschaftlich genutzten Böden.

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

In der landwirtschaftlichen Praxis kann ein zu niedriger pH-Wert durch eine Kalkung angehoben werden.

Anzustrebender Säuregrad in Abhängigkeit zur Bodenschwere:

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Säuregrades** im Bezirk Radkersburg lauten:

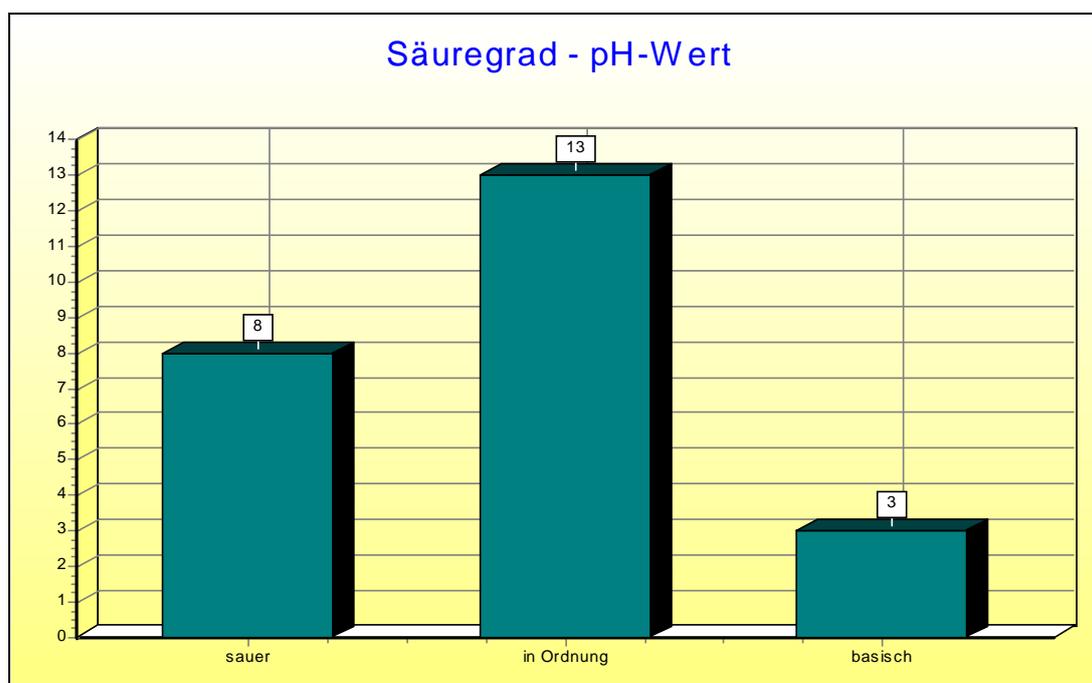
Anzahl Standorte			
Säuregrad	„sauer“	„in Ordnung“	„basisch“
Grünland	1	2	0
Acker	6	11	2
Sonderkultur	1	0	1
Alle Standorte in RA in %	33 %	54 %	13 %
Steiermark - Raster in %	38 %	49 %	13 %

→ Im Bezirk Radkersburg ist vergleichbar mit den landesweiten Untersuchungsergebnissen der Säuregrad etwa an der Hälfte der Untersuchungsstandorte in Ordnung - ein Drittel der Böden ist zu sauer. Als Ursache der Bodenversauerungen ist in erster Linie das weitestgehend kalkfreie Ausgangsmaterial der Böden zu sehen.

Die beiden Ackerstandorte **RAX 10** und **11** werden trotz niedriger Kalkgehalte auf Grund ihres geringen Tongehaltes und pH-Werten von 6,4 bzw. 6,6 als basisch klassifiziert. Der Weinbaustandort **RAX 2** ist zudem stark kalkhaltig und sein pH-Wert mit 7,2 auch entsprechend höher.

Von den sauren Böden wird ein Standort für den Weinbau genutzt (**RAA 7**), ein Standort als Grünland (**RAB 5**), die restlichen sind Äcker (**RAA 1, RAB 1,2+6** und **RAX 5+7**).

An diesen Flächen ist als bodenverbessernde Maßnahme eine Kalkung angebracht.



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 ergibt sich im Zusammenspiel mit anderen Faktoren (hoher Humusgehalt, leichter sandiger Boden, anhaltende saure Depositionen u. a.) an vielen Standorten zwangsläufig das Problem der Bodenversauerung. Um dem zu entgegen ist die Verhinderung von Umwelteinflüssen zwar ein wichtiges Ziel, sie ist aber letztlich nur eine Einflussgröße von vielen.

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

Bewertungsklassen des Kalkgehaltes:

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

Bemerkung: Wie bereits im Bodenschutzbericht 2000 erwähnt, erscheint eine Unterteilung in fünf Bewertungsklassen unsinnig, da eine Differenzierung zwischen "keinem" und "niedrigem" Kalkgehalt auf Grund des Analysenfehlers nicht möglich ist. Eine Differenzierung in drei Bewertungsklassen (0-0,5 / 0,6-5 / >5) erscheint ausreichend.

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

Untersuchungsergebnisse:

Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Kalkgehaltes** im Bezirk Radkersburg lauten:

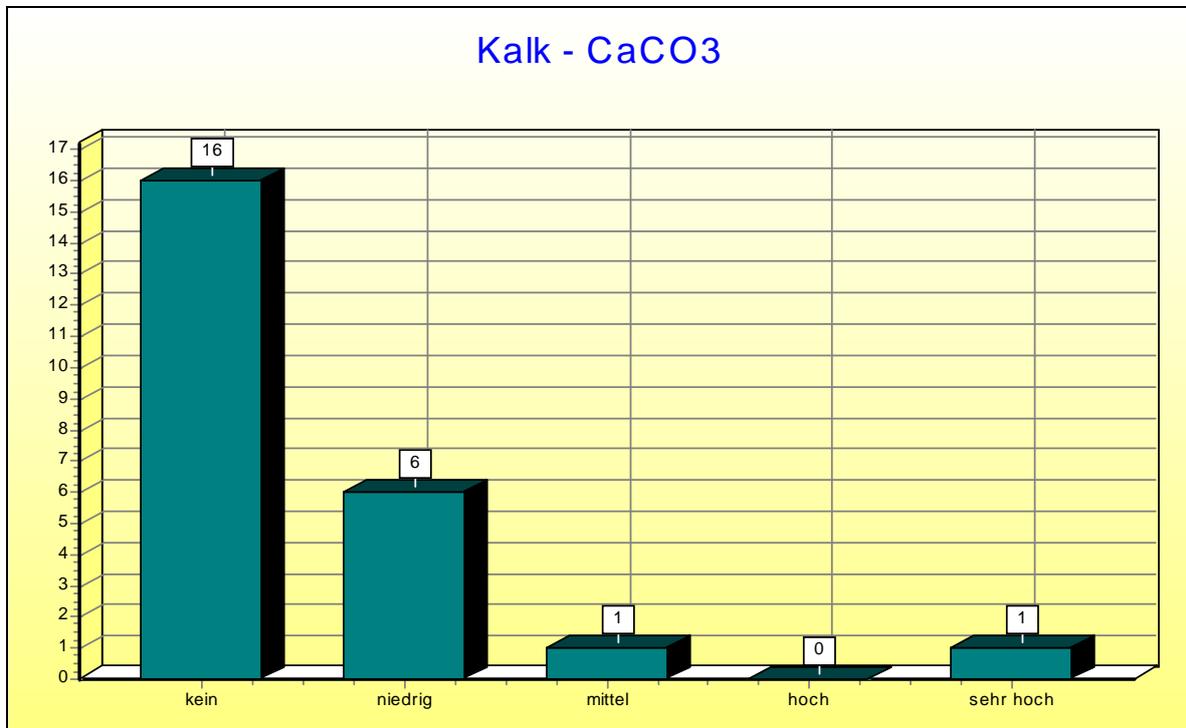
Anzahl Standorte

Kalkgehalt	„kein“	„niedrig“	„mittel“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	2	1	0	0	0
Acker	13	5	1	0	0
Sonderkultur	1	0	0	0	1
Alle Standorte in RA in %	67 %	25 %	4 %	0 %	4 %
Steiermark - Raster in %	61 %	30 %	2 %	4 %	3 %

→ Wie auch bei den landesweiten Rasteruntersuchungen, liegt der überwiegende Anteil der Standorte des Bezirkes Radkersburg ebenfalls im weitestgehend kalkfreien Konzentrationsbereich von 0 - 0,5 % Kalk.

Der Ackerstandort **RAX 11** ist im Oberboden schwach kalkhaltig (~ 0,6 % Kalk), wobei sein Kalkanteil in den Unteroden hin auf 1,2 % ansteigt.

Der Weinbaustandort **RAX 2** ist der einzige Untersuchungsstandort im Bezirk Radkersburg der einen sehr hohen Kalkanteil von über 6 % aufweist.



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 Phosphor 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.

Als Hilfe für Düngegaben in der landwirtschaftlichen Praxis werden von der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Aktionen zur Untersuchung der Böden und die Erstellung von Düngeplänen angeboten. Leider musste in den letzten Jahren festgestellt werden, dass von dieser Serviceleistung - obwohl sie zu vergünstigten Tarifen durchgeführt wird - immer weniger Gebrauch gemacht wird und Düngungen "nach Gefühl und Erfahrung" erfolgen.

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:

Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Phosphorgehaltes** im Bezirk Radkersburg lauten:

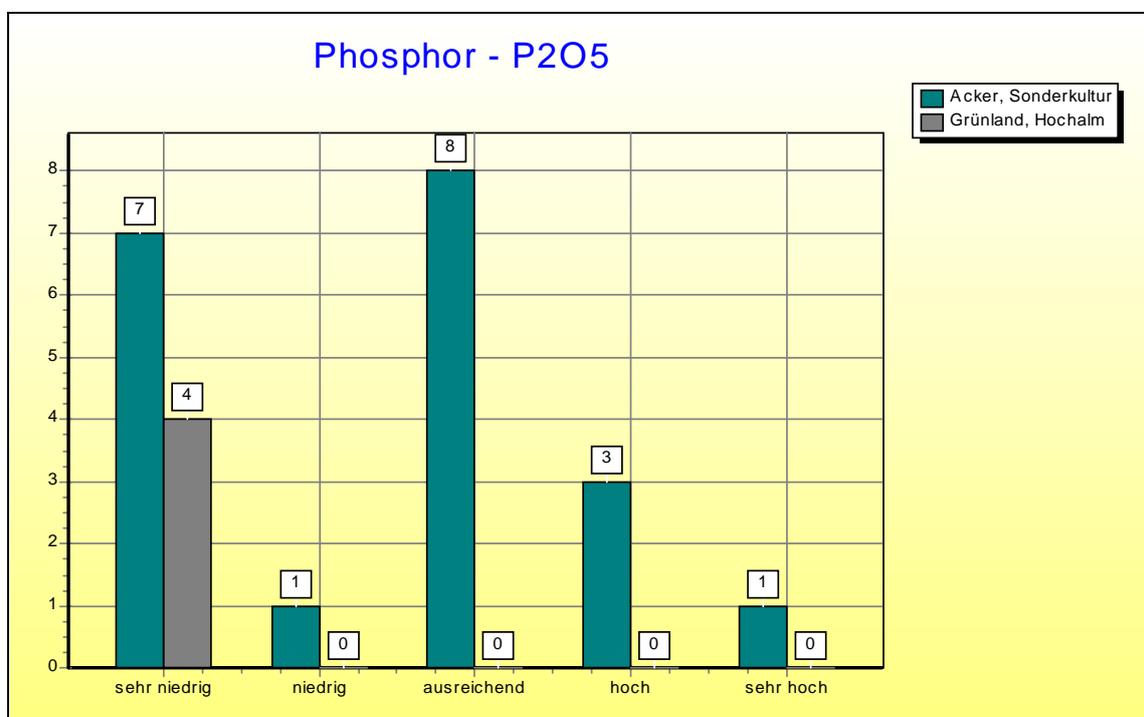
Anzahl Standorte

Phosphorgehalt	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	3	0	0	0	0
Acker	8	1	8	1	1
Sonderkultur	0	0	0	2	0
Alle Standorte in RA in %	46 %	4 %	33 %	13 %	4 %
Steiermark - Raster in %	48 %	21 %	20 %	9 %	2 %

→ Wie auch bei den landesweiten Rasteruntersuchungen sind im Bezirk Radkersburg etwa die Hälfte der Standorte sehr niedrig mit Phosphat versorgt. Etwa 80-90 % aller untersuchten Böden liegt im Bereich der sehr niedrigen bis ausreichenden Versorgungsklasse.

Im Bereich der hohen bzw. sehr hohen Versorgungsstufe findet man die beiden Weinbaustandorte **RAA 7** und **RAX 2**, sowie die Ackerböden **RAX 8** und **10**. Den betreffenden Bauern wird empfohlen sich mit der zuständigen Düngeberatungsstelle der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft in Verbindung zu setzen und ihre Bewirtschaftungsweise dahingehend zu ändern, dass künftig Überdüngungen vermieden werden.

Auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Phosphormangel ist entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung eine Düngung 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 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 und Erstellung von Düngeplänen erfolgt im Zuge von Aktionen der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft.

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:

Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Kaliumgehaltes** im Bezirk Radkersburg lauten:

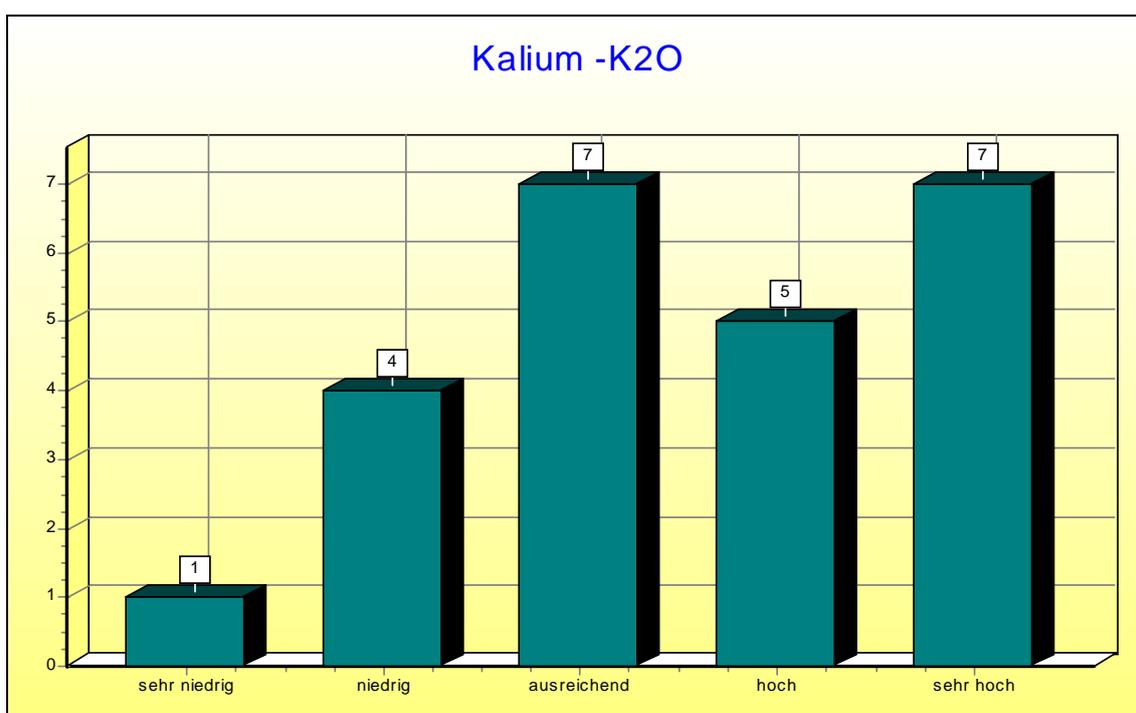
Kaliumgehalt	Anzahl Standorte				
	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	0	1	2	0	0
Acker	1	3	5	4	6
Sonderkultur	0	0	0	1	1
Alle Standorte in RA in %	4 %	17 %	29 %	21 %	29 %
Steiermark - Raster in %	2 %	17 %	48 %	25 %	8 %

→ Wie auch bei den landesweiten Rasteruntersuchungen sind im Bezirk Radkersburg nur etwa 20 % der Standorte sehr niedrig bzw. niedrig mit Kalium versorgt. In der Kategorie mit ausreichender Kaliumversorgung findet man in Radkersburg deutlich weniger Böden, als es dem steirischen Durchschnitt entsprechen würde; dafür wurden entsprechend mehr Standorte mit sehr hoher Kaliumversorgung festgestellt.

Die Hälfte der untersuchten Standorte im Bezirk Radkersburg weist bei der Versorgung mit dem Nährstoff Kalium Überdüngungen auf !

Folgende Standorte liegen bei der Kaliumversorgung in den Gehaltsklassen "hoch" bzw. "sehr hoch": Die beiden Weinbaustandorte **RAA 7** und **RAX 2**, sowie die zehn Ackerstandorte **RAA 4, RAB 3,4+6, RAX 1,6,7,8,9+10**.

Es wird empfohlen Düngungen nur entsprechend einer fachkundigen Bodenuntersuchung und Empfehlung durch die Düngeberatungsstelle der Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft durchzuführen, um künftig Überdüngungen zu vermeiden.



Anzahl der Standorte in den Bewertungsklassen des Kaliumgehaltes

Magnesium (Mg):

Allgemeines:

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

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

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

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

Die bisherigen Untersuchungen in der Steiermark zeigten 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:

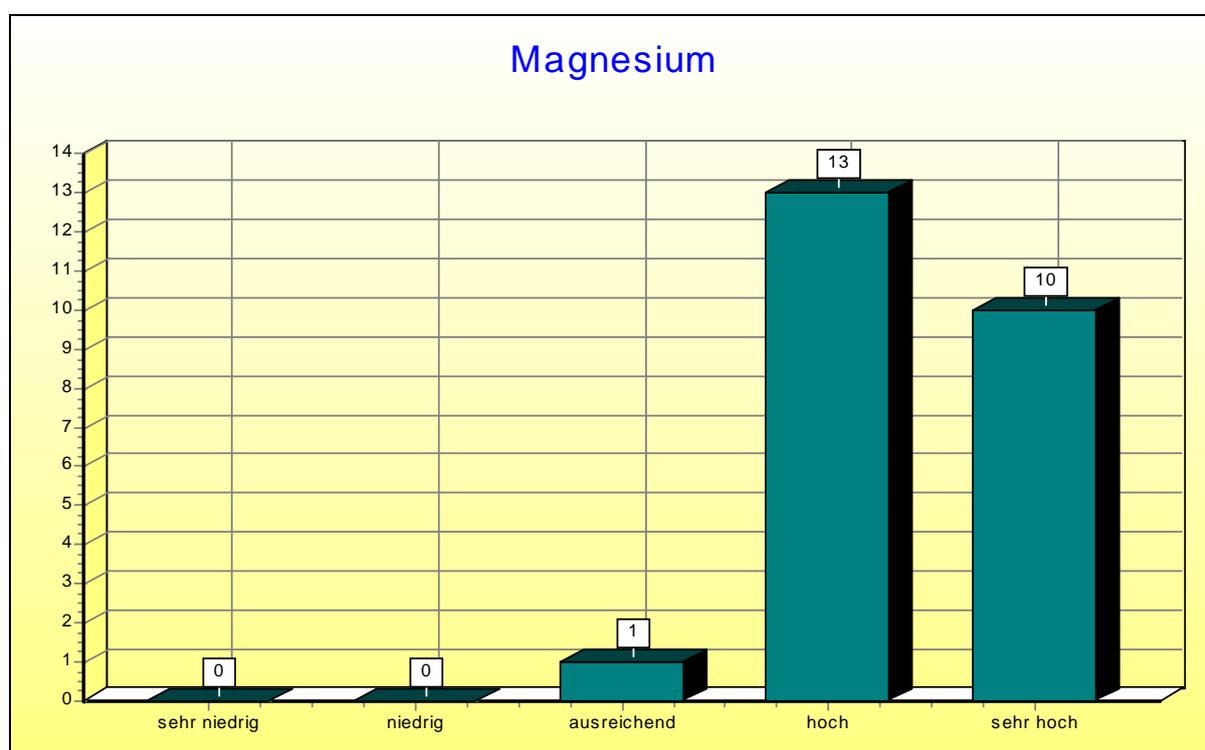
Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Magnesiumgehaltes** im Bezirk Radkersburg lauten:

Anzahl Standorte

Magnesiumgehalt	„sehr niedrig“	„niedrig“	„ausreichend“	„hoch“	„sehr hoch“
Grünland	0	0	0	0	3
Acker	0	0	1	13	5
Sonderkultur	0	0	0	0	2
Alle Standorte in RA in %	0 %	0 %	4 %	54 %	42 %
Steiermark - Raster in %	0 %	8 %	15 %	34 %	43 %

→ Vergleichbar mit den landesweiten Rasteruntersuchungen liegt der Großteil der im Bezirk Radkersburg untersuchten Standorte in den beiden höchsten Gehaltsklassen der Magnesiumversorgung. Nur der Ackerstandort **RAB 6** wird mit einem ausreichenden Magnesiumgehalt bewertet.

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 außerdem Mais, Wein, Blumenkohl, Sellerie, Kohlrabi und andere.

Bor-Toxizität wird im humiden Klimabereich nur sehr selten beobachtet und beruht dann auf einen zu hohen Borgehalt in der Bodenlösung infolge zu hoher Bor-Düngung. Im ariden Klimabereich führt häufig die Anwendung von Beregnungswasser 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 %
sehr niedrig	< 0.2	< 0.3
mittel	um 0.6	um 0.8
sehr hoch	> 2.0	> 2.5

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

Untersuchungsergebnisse:

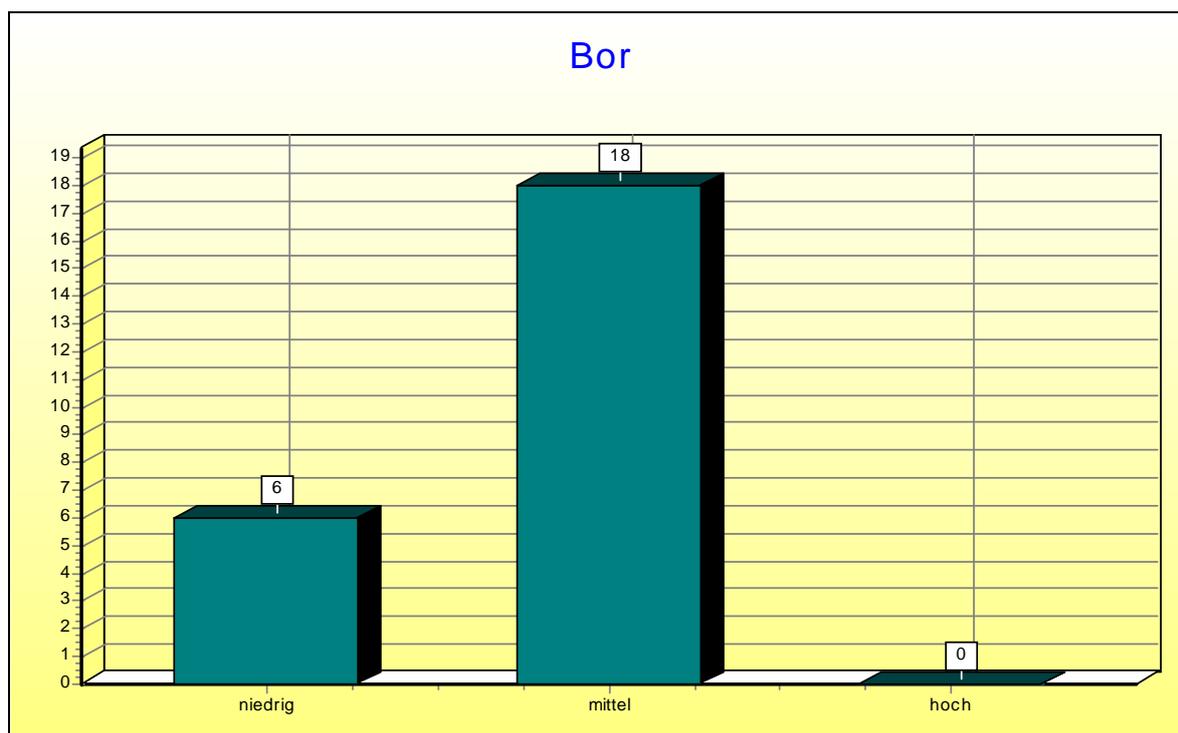
Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Borgehaltes** im Bezirk Radkersburg lauten:

Anzahl Standorte

Borgehalt	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“
Grünland	1	2	0
Acker	5	14	0
Sonderkultur	0	2	0
Alle Standorte in RA in %	25 %	75 %	0 %
Steiermark - Raster in %	21 %	78 %	1 %

→ Die im Bezirk Radkersburg untersuchten Standorte liegen alle in den Gehaltsklassen "sehr niedriger" und "mittlerer" Borversorgung und sind somit mit dem landesweiten Bodenzustand vergleichbar.

An den fünf Ackerstandorten mit sehr niedrigen Borgehalten (**RAA 1, RAB 1,2+6 und RAX 6**) ist im Falle einer Kultivierung von Bor - bedürftigen Pflanzen eine entsprechende Düngung sinnvoll.



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 diesen 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 Konzentrationen an Phosphat in der Bodenlösung kann die Aufnahme der Spurenelemente in die Pflanzen vermindern.

Laut Scheffer/Schachtschabel (1984) tritt **Manganmangel** aber 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)
sehr niedrig	< 2	< 2	< 20	< 20
mittel	um 8	um 8	um 70	um 100
sehr hoch	> 20	> 20	> 200	> 300

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

Untersuchungsergebnisse:

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

Anzahl Standorte

EDTA-Cu	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“
Grünland	0	3	0
Acker	1	18	0
Sonderkultur	0	0	2
Alle Standorte in RA in %	4 %	88 %	8 %
Steiermark - Raster in %	4 %	92 %	4 %

Anzahl Standorte

EDTA-Zn	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“
Grünland	0	3	0
Acker	2	16	1
Sonderkultur	0	2	0
Alle Standorte in RA in %	8 %	88 %	4 %
Steiermark - Raster in %	0 %	94 %	6 %

Anzahl Standorte

EDTA-Mn	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“
Grünland	0	0	3
Acker	0	5	14
Sonderkultur	0	0	2
Alle Standorte in RA in %	0 %	21 %	79 %
Steiermark - Raster in %	6 %	22 %	72 %

Anzahl Standorte

EDTA-Fe	„sehr niedrig“	„mittel“	„sehr hoch“
Grünland	0	0	3
Acker	0	7	12
Sonderkultur	0	0	2
Alle Standorte in RA in %	0 %	29 %	71 %
Steiermark - Raster in %	0 %	12 %	88 %

→ Die Spurenelementgehalte der im Bezirk Radkersburg untersuchten Standorte sind im Großen und Ganzen mit den Ergebnissen der landesweiten Bodenzustandsinventur vergleichbar.

Der Ackerstandort **RAB 6** liegt beim Spurenelement **Kupfer** im sehr niedrigen Gehaltsbereich, sodass bei Auftreten von Mangelsymptomen (bei Getreide Chlorose und Weißfärbung der jüngeren Blätter) eine einmalige Kupferzufuhr erwogen werden sollte.

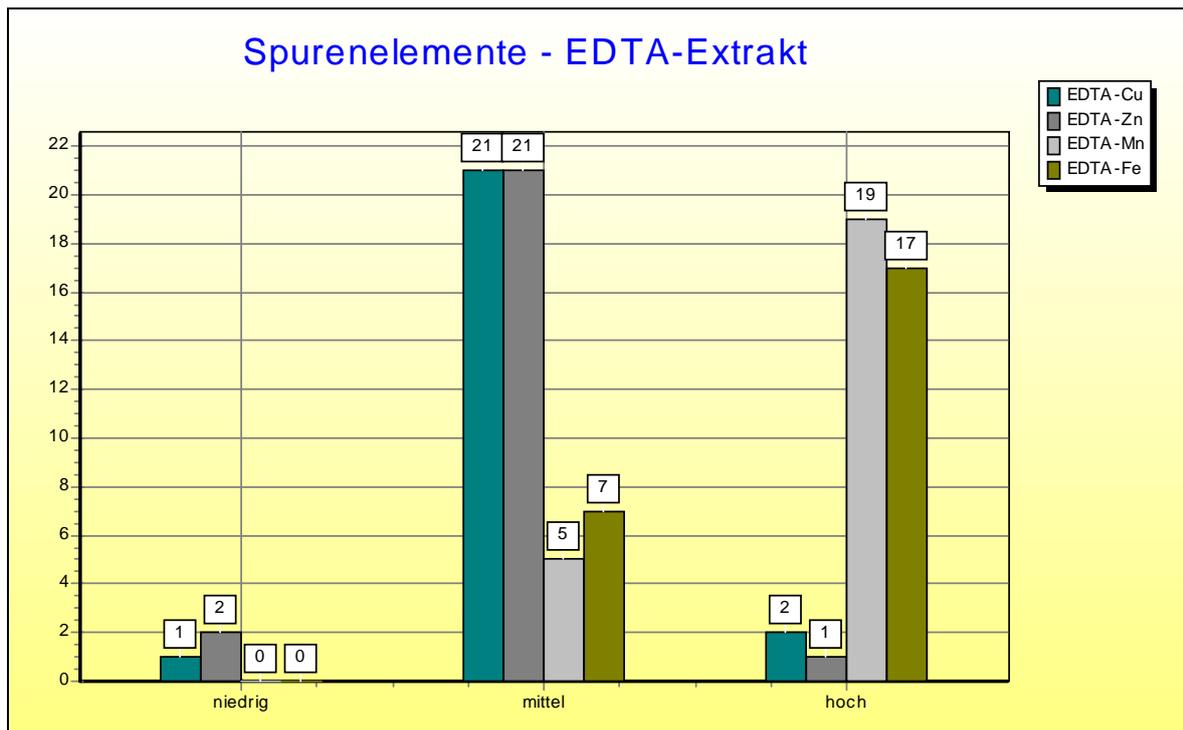
An den beiden Weinbaustandorten **RAA 7** und **RAX 2** jedoch sind die Gehalte des EDTA-extrahierbaren Kupfer im sehr hohen Gehaltsbereich, was sich auf das Boden-

leben negativ auswirken kann. Ursache ist die jahrzehntelange Verwendung von Cu-hältigen Spritzmitteln im Pflanzenschutz.

Beim **Zink** weisen die beiden Ackerstandorte **RAB 6** und **RAX 5** zu niedrige Gehalte auf, was zu Mangelerscheinungen bei Mais, Kartoffeln, Bohnen und Zwiebeln führen kann. Sollten an den Pflanzen Symptome auftreten, welche auf einen Zinkmangel hinweisen, kann eine einmalig Zinkgabe oder eine Blattdüngung erfolgen.

Der Zinkgehalt am Ackerstandort **RAX 10** liegt im hohen Gehaltsbereich. Toxische Wirkungen durch Zink sind aber erst ab sehr hohen Gehalten bekannt und hier nicht zu erwarten.

Die Gehalte der beiden Spurenelemente **Mangan** und **Eisen** liegen - wie in der ganzen Steiermark üblich - im mittleren und hohen Versorgungsbereich, sodass a priori an keinem Standort ein Mangel zu erwarten ist. Lediglich am stark kalkhaltigen Weinbaustandort **RAX 2** wäre durch die stärkere Fixierung des Nährstoffs ein Eisenmangel denkbar, welcher beim Auftreten von Mangelsymptomen (Chlorose der jüngeren Blätter) durch eine Blattdüngung mit Eisenchelaten eventuell behandelt werden könnte.



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 Gesetzesvorlage nur die Bestimmung der austauschbaren Kationen Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ und Na^+ erfolgte, können korrekterweise nur Böden mit annähernd neutralem pH-Wert beurteilt werden.

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

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

Die so errechneten Werte der Basensättigung in % sind im Anhang dieses Berichtes bei der verbalen Beurteilung der Standorte angeführt.

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 Radkersburg weist etwa ein Drittel 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 muss 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** ergibt sich bei 5 Ackerstandorten (**RAA 4, RAB 6, RAX 1,6+9**) ein Hinweis auf einen möglichen Magnesiummangel (Magnesiumwerte unter 10 % und gleichzeitig Kaliumwerte über 5 %). Eine Düngung sollte jedoch nur in berechtigten Ausnahmefällen durchgeführt werden, da meist eine Überdüngung mit Kalium die Verfügbarkeit des Magnesium blockiert.

Am Ackerstandort **RAB 6**, wo auch der pH-Wert im sauren Bereich liegt, wäre die Verwendung eines magnesiumhaltigen Düngekalkes sinnvoll. Gleichzeitig ist eine Reduzierung der Kalidüngung notwendig.

Der Grünlandstandort **RAX 4**, wo einige Apfelbäume (Hohlkrone) kultiviert werden, weist einen **Ca-Gehalt unter 300 mg/100g** auf. Hier könnte bei Problemen mit der Lagerfähigkeit des Obstes eine Ca - Düngung in Erwägung gezogen werden.

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

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

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

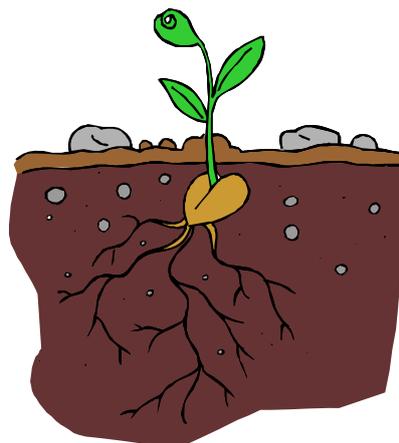
Die Verteilung der **Summe aus Ca, Mg, K und Na (AKat-Summe)** in den drei Gehaltsklassen im Bezirk Radkersburg lautet:

Anzahl der Standorte

Gehaltsklasse AKAT	< 10 mval/100 g	10 - 25 mval/100 g	> 25 mval/100 g
Grünland	0	3	0
Acker	4	15	0
Sonderkultur	0	2	0
Alle Standorte in RA in %	17 %	83 %	0 %
Steiermark - Raster in %	24 %	65 %	11 %

Vier Ackerstandorte (**RAA 4, RAB 4+6 und RAX 5**) liegen in der für die Nährstoffversorgung ungünstigen Bewertungsklasse einer Kationensumme unter 10 mval/100 g. Hier könnte versucht werden über eine Kalkung des Bodens den pH-Wert anzuheben und so die Basensättigung zu erhöhen.

Alle anderen untersuchten Böden liegen im Mittelbereich.



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.

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:

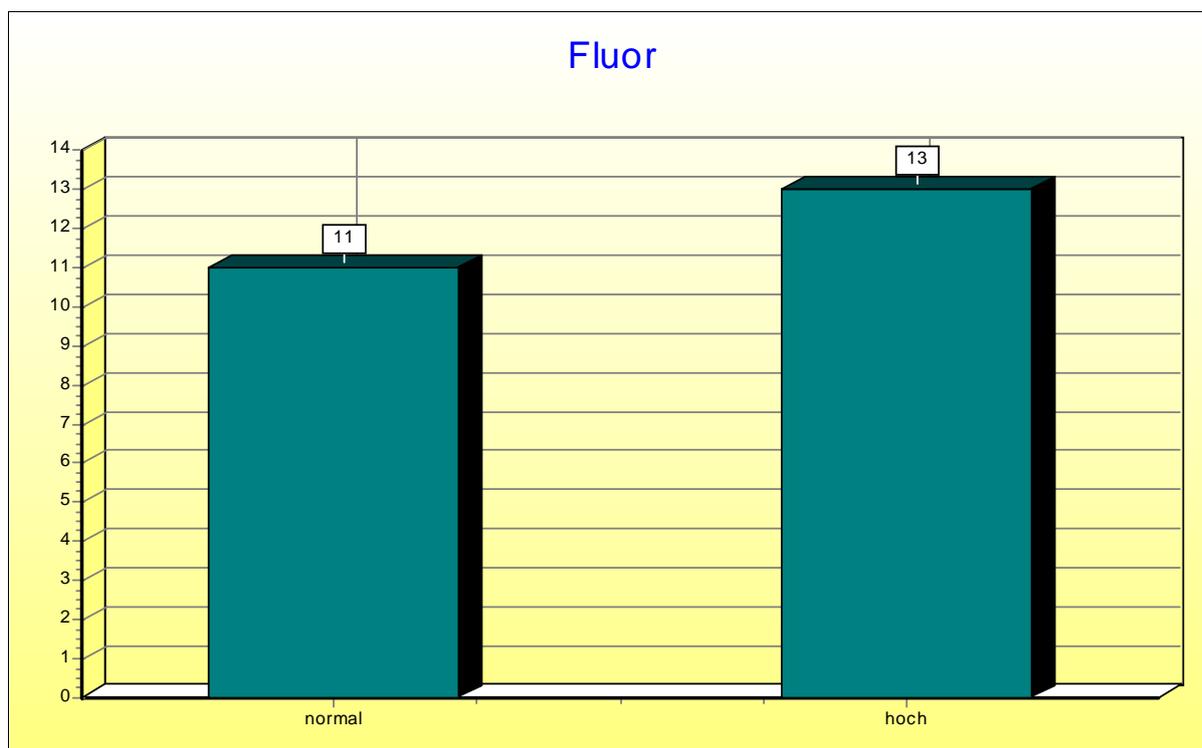
Die Anzahl der Standorte in den einzelnen Bewertungsklassen des **Fluorgehaltes** im Bezirk Radkersburg lauten:

Fluor	Anzahl Standorte	
	„normal“	„über 1,2 ppm“
Grünland	3	0
Acker	8	11
Sonderkultur	0	2
Alle Standorte in RA in %	46 %	54 %
Steiermark - Raster in %	77 %	23 %

→ Im Bezirk Radkersburg findet man im Vergleich zu den bisherigen landesweiten Untersuchungsergebnissen auf Grund der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung wesentlich häufiger erhöhte Fluorgehalte im Boden.

Die erhöhten Fluorwerte korrelieren meist mit erhöhten Gehalten an Kalium und Phosphor und stammen daher vermutlich größtenteils aus Düngemitteln.

Jene Untersuchungsstandorte, welche in der Umgebung der Ziegelei Helfbrunn liegen sind mit einer Entfernung von etwa 2,5 bis 3 km vermutlich außerhalb von etwaigen Immissionen.



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 eine der Problemstellung angemessene 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 durch eine Verordnungsänderung 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 (in der Steiermark das Erkennen von Umwelteinflüssen) 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 dieser 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 geologischer 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 weist Anreicherungen von Cadmium im Oberboden auf; beim Blei sind es etwa zwei Drittel der untersuchten Standorte.

Etwa 30 % der untersuchten steirischen Böden weist 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 Radkersburg:

Auf Grund der geologischen Ausgangssituation und den fehlenden industriellen Belastungen befindet sich der Großteil der Schwermetallgehalte im Bezirk Radkersburg im Bereich üblicher, natürlicher Bodenwerte.

Nur bei den Elementen Kupfer, Blei und Cadmium findet man an wenigen Standorten leicht erhöhte Werte.

Normalwertüberschreitungen im Bezirk Radkersburg:

Die erhöhten **Kupfergehalte** findet man an den beiden Weinbaustandorten **RAA 7** und **RAX 2** und sind auf die jahrzehntelange Anwendung von kupferhaltigen Spritzmitteln zurückzuführen.

Die minimal erhöhten Gehalte an **Blei** und **Cadmium** der beiden Ackerstandorte **RAX 10+11** sind auf das bodenbildende Ausgangsmaterial (Schwemmmaterial der Mur) zurückzuführen. Bei beiden Standorten handelt es sich um Braune Auböden der rezenten Au.

Standorte mit Schwermetallgehalten über dem Normalwert: Angaben in mg/kg (Mittelwert der beiden Untersuchungen des Oberbodens)

Standort	Element	Normalwert
RAA 7: 92 RAX 2: 54	Cu	50
RAX 10: 40 RAX 11: 35	Pb	30
RAX 10: 0,41 RAX 11: 0,31	Cd	0,30

Schwermetallanreicherungen im Oberboden:

Es wurden im Bezirk Radkersburg keine nennenswerten Anreicherungen im Oberboden, welche auf Umwelteinflüsse rückschließen ließen, festgestellt.

Insgesamt betrachtet zählen die untersuchten Böden des Bezirkes Radkersburg zu den am wenigsten mit Schwermetallen belasteten Böden der Steiermark!

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	14,65	14,00	14,70
Maximum	91,90	115,10	97,20
Mittelwert	26,70	26,42	24,86
Median - Radkersburg	22,08	20,95	20,40
Median - Steiermark	25,40	24,70	26,10

Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 50 ppm) findet man an den beiden Weinbaustandorten **RAA 7** und **RAX 2**. Die erhöhten Cu-Gehalte sind auf die jahrelange Verwendung von kupferhaltigen Spritzmitteln, welche sich zum geogenen Grundgehalt addiert zurückzuführen.

Die Kupferbelastung ist am Standort RAA 7 etwa doppelt so hoch als der Normalwert. Am Standort RAX 2 wird dieser nur geringfügig überschritten. Da es im Zuge von Rigolierungsmaßnahmen zu einer Vermischung aller Bodenhorizonte gekommen ist, sind die Kupfergehalte in allen untersuchten Bodenhorizonten ähnlich hoch.

Am Standort RAA 7 wird im Horizont 2 (5 - 20 cm) auch der gesetzliche Grenzwert von 100 ppm überschritten. Aus diesem Grund erfolgte dort 1995 auch eine Untersuchung des Kupfergehaltes der Weintrauben, welcher mit 5,75 mg/kg Kupfer in der Trockensubstanz normalen Pflanzengehalten entspricht. Normale Kupfergehalte in Pflanzen betragen laut Scheffer und Schachtschabel (1984) 3 - 30 mg/kg in der Trockensubstanz.

Negative Auswirkungen derartiger Kupferbelastungen, wie sie in fast allen Sonderkulturen (Obst, Wein, Hopfen) vorkommen, sind derzeit nicht bekannt.

Auf das eher selten auftretende Problem von Kupfermangel wurde bereits bei der Diskussion der EDTA-extrahierbaren Spurenelemente hingewiesen.

Zink (Zn):

Allgemeines:

Zink ist ein für Pflanze, Tier und Mensch essentielles Spurenelement. Erst bei sehr hohen Gehalten im Boden wirkt es toxisch auf Pflanzen und Mikroorganismen. Auch für Tiere und Menschen ist Zink nicht sehr giftig. Viel häufiger gibt es Probleme durch Zinkmangel, sodass in der Futtermittelverordnung Minimalwerte für Zink vorgeschrieben werden.

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

Untersuchungsergebnisse:

Zink (Zn) Normalwert: 140 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	60,50	64,00	47,10
Maximum	119,30	119,60	96,40
Mittelwert	83,55	80,83	72,94
Median - Radkersburg	82,07	77,35	70,90
Median - Steiermark	94,88	85,70	81,80

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte aller untersuchten Standorte im Normalbereich. Es kommt zu keinen Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 140 ppm).

Obwohl Zink zu den umweltrelevanten Schwermetallen mit ubiquitärer Verbreitung zählt, erreicht der Durchschnittsgehalt im Bezirk Radkersburg im Oberboden gerade den Gehalt des von Umwelteinträgen weitestgehend unbeeinflussten Mediangehaltes der steirischen Unterböden (ca. 82 ppm). Grund ist der von Haus aus niedrigere geogene Background des Bezirkes von etwa 71 ppm Zink auf den sich im Mittel ca. 11 ppm Zink aus der ubiquitären Umweltbelastung addieren und im Oberboden angereichert haben.

Auf das Problem von Zinkmangel wurde bereits bei der Diskussion der EDTA-extrahierbaren Spurenelemente hingewiesen.

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	15,00	11,80	8,60
Maximum	39,90	37,40	28,20
Mittelwert	21,58	19,05	15,30
Median - Radkersburg	19,45	17,60	13,90
Median - Steiermark	24,15	19,30	14,20

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte der meisten untersuchten Standorte im Normalbereich. Der Durchschnittswert der geogenen Grundbelastung (Horizont 3) ist mit etwa 14 ppm mit dem steirischen Median vergleichbar. Die umweltbedingten Anreicherungen im Oberboden (Horizont 1) sind im Bezirk Radkersburg niedriger, als im landesweiten Durchschnitt.

Geringfügige Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 30 ppm) findet man an den beiden Ackerstandorten **RAX 10** und **11**. Die Belastungen stammen aus dem bodenbildenden Schwemmmaterial der Mur.

Leicht erhöhte Bleigehalte wurden auch an den beiden Ackerstandorten **RAA 6** und **RAB 2** im Oberboden nur eines Untersuchungsjahres festgestellt. Im zweiten Jahr der Untersuchung war der Gehalt niedriger. Es handelt sich hier also um eine durch den Analysenfehler bedingte Schwankung mit einem wahren Gehalt im Bereich des Normalwertes. Der Mittelwert beider Untersuchungsjahre liegt im Normalbereich.

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	29,70	27,60	21,40
Maximum	53,35	51,70	48,60
Mittelwert	38,85	38,63	38,17
Median - Radkersburg	37,45	39,00	39,70
Median - Steiermark	40,92	41,55	42,20

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte aller untersuchten Standorte im Normalbereich. Es kommt zu keinen Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 80 ppm).

Die Durchschnittswerte (Median) folgen dem landesweiten Trend einer leichten Anreicherung zum Unterboden hin, was für die überwiegend geogene Herkunft dieses Schwermetalls spricht. Die Chromgehalte der einzelnen Horizonte sind im Bezirk Radkersburg etwas niedriger als der steirische Durchschnitt, was den generell niedrigeren natürlichen Background an Schwermetallen belegt.

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	17,30	17,00	20,50
Maximum	40,45	38,00	40,70
Mittelwert	26,09	27,55	27,89
Median - Radkersburg	24,75	27,00	26,70
Median - Steiermark	27,33	29,35	31,90

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte aller untersuchten Standorte im Normalbereich. Es kommt zu keinen Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 60 ppm).

Die innerhalb des natürlichen Analysenfehlers gleichmäßige Gehaltsverteilung in den Medianwerten der Horizonte ist vergleichbar mit dem landesweiten Trend einer leichten Anreicherung zum Unterboden hin und spricht für die überwiegend geogene Herkunft dieses Schwermetalls. Die Nickelgehalte der einzelnen Horizonte sind im Bezirk Radkersburg etwas niedriger als der steirische Durchschnitt, was den generell niedrigeren natürlichen Background an Schwermetallen belegt.

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	9,45	9,40	7,80
Maximum	26,65	27,50	25,40
Mittelwert	12,98	13,09	12,73
Median - Radkersburg	12,27	12,70	12,00
Median - Steiermark	12,95	13,50	14,70

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte aller untersuchten Standorte im Normalbereich. Es kommt zu keinen Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 30 ppm).

Die innerhalb des natürlichen Analysenfehlers gleichmäßige Gehaltsverteilung in den Durchschnittswerten der Horizonte ist vergleichbar mit dem landesweiten Trend einer leichten Anreicherung zum Unterboden hin und spricht für die überwiegend geogene Herkunft dieses Schwermetalls. Die Kobaltgehalte der einzelnen Horizonte sind im Bezirk Radkersburg etwas niedriger als der steirische Durchschnitt, was den generell niedrigeren natürlichen Background an Schwermetallen belegt.

Kobaltarme Böden mit einem Gehalt von weniger als 5 mg/kg im Oberboden wurden im Bezirk Radkersburg 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	0,42	0,42	0,24
Maximum	0,98	0,97	0,91
Mittelwert	0,67	0,62	0,56
Median - Radkersburg	0,63	0,59	0,52
Median - Steiermark	0,80	0,69	0,62

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte aller untersuchten Standorte im Normalbereich. Es kommt zu keinen Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 1,5 ppm).

Die Durchschnittswerte (Median) folgen dem landesweiten Trend einer leichten Anreicherung zum Oberboden hin, was für eine teilweise anthropogene Herkunft dieses Schwermetalls spricht. Die Molybdängehalte der einzelnen Horizonte sind im Bezirk Radkersburg etwas niedriger als der steirische Durchschnitt, was den generell niedrigeren natürlichen Background an Schwermetallen belegt.

Cadmium (Cd):

Allgemeines:

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

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

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

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

Untersuchungsergebnisse:

Cadmium (Cd) Normalwert: 0,30 mg/kg	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3
Minimum	0,07	0,03	0,01
Maximum	0,41	0,34	0,21
Mittelwert	0,17	0,12	0,07
Median - Radkersburg	0,17	0,11	0,05
Median - Steiermark	0,24	0,16	0,09

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte der meisten untersuchten Standorte im Normalbereich.

Geringfügige Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 30 ppm) findet man an den beiden Ackerstandorten **RAX 10** und **11**. Die Belastungen stammen aus dem bodenbildenden Schwemmmaterial der Mur.

Die Durchschnittswerte (Median) folgen dem landesweiten Trend einer Anreicherung zum Oberboden hin, was auf die teilweise anthropogene Herkunft dieses Schwermetalls zurückzuführen ist. Der Einfluss der Umweltbelastungen ist im Bezirk Radkersburg aber niedriger, als im steirischen Durchschnitt.

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	0,05	0,04	0,03
Maximum	0,18	0,14	0,08
Mittelwert	0,08	0,07	0,06
Median - Radkersburg	0,08	0,06	0,06
Median - Steiermark	0,12	0,10	0,08

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte aller untersuchten Standorte im Normalbereich. Es kommt zu keinen Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 0,25 ppm).

Die Mediangehalte sind mit jenen der landesweiten Rasteruntersuchungen gut vergleichbar.

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	8,00	7,20	8,90
Maximum	18,45	19,00	17,10
Mittelwert	11,38	12,34	12,46
Median - Radkersburg	10,43	11,75	11,50
Median - Steiermark	11,45	11,65	12,00

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte aller untersuchten Standorte im Normalbereich. Es kommt zu keinen Überschreitungen des Normalwertes (Gehalte > 40 ppm).

Die Mediangehalte sind innerhalb des natürlichen Analysenfehlers mit jenen der landesweiten Rasteruntersuchungen ident.

Die gleichmäßige Gehaltsverteilung in den einzelnen Horizonten belegt die geogene Herkunft des Arsen.

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):

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

Weitere Beurteilungsgrundlagen:

Futtermittelverordnung 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 läßt sich feststellen, dass es sowohl an Standorten mit erhöhten Schwermetallgehalten im Boden als auch bei unbelasteten Kontrollböden manchmal zu Schwermetallanreicherungen in den Pflanzen kommt.

Daraus erkennt man, dass es nicht möglich ist, von Bodengehalten auf Pflanzenbelastungen und somit auf eventuelle Gefährdungen zu schließen. Es wurde daher vereinbart ab dem Jahr 2000 im Zuge der Zehn-Jahreskontrolle der Rasterstandorte an allen Standorten Pflanzenproben auf alle Schwermetalle hin zu untersuchen.

Untersuchungsergebnisse im Bezirk Radkersburg:

Derzeit wurde nur am Weinbaustandort **RAA 7** der Kupfergehalt der Weintrauben kontrolliert. Er entspricht mit 5,75 mg/kg **Kupfer** in der Trockensubstanz normalen Pflanzengehalten.

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 beträgt 15 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Untersuchungsergebnisse:

Im Bezirk Radkersburg wurden an den untersuchten Standorten keine Rückstände von **HCB** oder **Lindan** gefunden. **DDT-Rückstände** wurden an den drei Ackerstandorten **RAB 4**, **RAX 8** und **10** festgestellt.

DDT Bestimmungsgrenze: 15 ppb	Horizont 1 Erstjahr	Horizont 1 Zweitjahr	Horizont 2	Horizont 3
RAB 4	~10	36	0	0
RAX 8	18	~10	0	0
RAX 10	66	75	60	0

Fallweise werden für ein und denselben Untersuchungsstandort in den beiden Untersuchungsjahren große Unterschiede in den Gehalten festgestellt. Ursache ist neben dem Analysenfehler auch die sehr inhomogene Verteilung der Rückstände im Boden. Die flächenhafte Verbreitung des Schadstoffes ist lokal stark begrenzt. 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 „polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen“) und „PCA“ (von „polycyclische Aromaten“) aus der deutschsprachigen Schreibweise.

PAH's entstehen bei diversen Verbrennungsvorgängen, egal ob es sich um eine Verbrennung von Kohle, Öl, Kraftstoffen, Holz oder Zigarettentabak handelt. Bei der alleinigen Verbrennung einer organischen Substanz (z. B.: Erdöl) entsteht zwar ein charakteristisches Verteilungsmuster der PAH - Einzelsubstanzen (PAH-Profil), dennoch ist eine 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:

PAH-Summe in ppb (µg/kg)	Horizont 1
Minimum	17,50
Maximum	275,75
Mittelwert	61,19
Median - Radkersburg	44,15
Median - Steiermark	45,50

Im Bezirk Radkersburg liegen die Bodengehalte fast aller untersuchten Standorte im Bereich ubiquitärer Belastung (0 - 200 ppb).

Nur der Ackerstandort **RAX 10** weist eine leicht erhöhte Belastung von 264 bzw. 287 ppb PAH-Summe im Oberboden der beiden Untersuchungsjahre auf. Die geringfügige Belastung ist vermutlich genauso wie die leicht erhöhten Blei- und Cadmiumgehalte des Standortes auf Einträge durch das bodenbildende Schwemmmaterial der Mur zurückzuführen.

Der Mediangehalt der Böden im Bezirk Radkersburg ist innerhalb des natürlichen Analysenfehlers mit jenem der landesweiten Rasteruntersuchungen ident.

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** in den vergangenen Jahren beim Maisanbau stark zum Einsatz kam. Als das Problem der Grundwasserkontamination auftrat, wurde die Anwendung von Atrazin, nach anfänglichen gesetzlichen Anwendungsbeschränkungen, mit 5. 5. 1995 gänzlich verboten.

Die Bestimmung 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:

1993 wurden noch an allen damals untersuchten Ackerstandorten Rückstände von **Atrazin** im Boden festgestellt. Der höchste davon am Standort **RAA 1** mit 150 ppb Atrazin in der Trockensubstanz. Damals wurden entsprechend der üblichen Aufbringungsmenge von 0,5 kg pro ha und Jahr Rückstände im Boden bis zu 200 ppb toleriert.

1994 waren an denselben Standorten keine Rückstände > 50 ppb mehr festzustellen. Seit dem Anwendungsverbot vom 5. 5. 1995 wurden nur noch vereinzelt sehr geringe Atrazinrückstände im Boden gefunden, welche die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmung an den untersuchten Standorten belegen.

1998 wurden nur an den beiden Standorten **RAX 1** und **7** minimale Rückstände von 13 bzw. 11 ppb Atrazin in der Trockensubstanz gefunden, was dem natürlichen Abbau des vor dem Anwendungsverbot aufgebrauchten Herbizides entspricht.

1999 waren alle untersuchten Ackerstandorte mit der Kurzbezeichnung **RAX** als rückstandsfrei zu beurteilen.

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



FACHBEITRÄGE

- **Die Landwirtschaft im Bezirk Radkersburg**
(Auszüge aus Berichten der Bezirkskammer für Land- und Forstwirtschaft Radkersburg)
- **Läuse- und Unkrautbekämpfung bei Ölkürbis**
(Versuchsreferat der Steirischen Landwirtschaftsschulen)



Die Landwirtschaft im Bezirk Radkersburg

Auszüge aus Berichten der
Bezirkskammer für Land- und Forstwirtschaft Radkersburg

Klima:

Auf Grund der klimatischen Gegebenheiten zählt der Bezirk zu den günstigsten Gebieten von allen Produktionsgebieten Österreichs. Die Region steht unter dem Einfluss des pannonischen und maritimen Klimabereiches. Durch die Morphologie des Bezirkes gibt es aber auch erhebliche lokalklimatische Unterschiede.

Die durchschnittliche Jahrestemperatur liegt zwischen + 9,2 °C und 9,6 °C. Besonders günstige Temperaturverhältnisse sind um Bad Radkersburg und im Raum Klöch gegeben.

Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge bewegt sich zwischen 830 mm und 950 mm. Bei Niederschlägen ist die Verteilung innerhalb des Jahres oft sehr ungünstig. Starke Regengüsse im Frühjahr führen zu Verschlammungen und Erosion. Im Herbst beeinträchtigen sie die Ernteeinbringung.

Die Seehöhe bewegt sich zwischen 201 m (KG Sicheldorf, Gemeinde Radkersburg Umgebung) und 462 m (Königsberg, Gemeinde Tieschen).

Landwirtschaftliche Ackernutzung:

Die gebräuchlichsten Nutzungsformen entsprechend der Abgabe von Mehrfachanträgen 2000 sind:

Mais	8.058 ha
Getreide	2.036 ha
Kürbis	1.236 ha
Raps	19 ha
Gemüsebau	7 ha
Öllein	7 ha

Die Durchschnittserträge bei Mais und Getreide der letzten drei Jahrzehnte betragen:

Erträge in kg/ha	1980	1990	2000
Mais	10.100	10.919	10.100
Weizen + Gerste	9.300	9.766	16.700

1980 waren die Ernteergebnisse bei allen Kulturen auf Grund sehr ungünstiger Witterungsverhältnisse im ganzen Zeitraum des Jahres unter dem Durchschnitt.

1990 war gekennzeichnet durch nur geringe Schneemengen und relativ milde Temperaturen bis in den März. Beim Mais gab es trotz ungünstiger Niederschlagsvertei-

lung keine negativen Ernteauswirkungen. Die Getreideerträge waren überdurchschnittlich hoch - Einbußen ergab es nur durch lokale Hagelschäden.

Das Erntejahr 2000 war mit Ausnahme einiger regionaler Gebiete, die unter starker Trockenheit gelitten haben, ein sehr gutes.

Tierhaltung:

Entsprechend der Viehzählungsergebnisse 1999 gibt es 1.713 Betriebe mit Viehhaltung. Die Art der Tiere verteilt sich auf diese wie folgt:

Art	Halter, Betriebe	Stück, Bestand
Hühner	1.228	196.365
Sonstiges Geflügel	311	2.448
Schweine	350	120.350
Pferde	64	156
Ziegen	61	165
Schafe	59	608
Rinder	47	4.606
Zuchtwild	7	112

Vergleich der Viehbestände im Laufe der Jahre:

Viehbestand	1989	1995	1999
Pferde	65	159	156
Rinder	10.244	6.247	4.606
Schweine	123.263	132.763	120.350

Besonders markant ist die Abnahme des Rinderbestandes.

Gemüsebau:

Die Gemüseflächen im Bezirk Radkersburg in den Jahren 1996 - 2000:

Gemüseflächen in ha	1996	1997	1998	1999	2000
Folientunnelfläche:					
Salat, Paradeiser, Paprika, Salatgurken + diverses Gemüse	15	16	17	18	17
Feldgemüse im Freiland: Kren, Käferbohnen, ...	133	130	137	123	119
Heil- und Gewürzpflanzen	0,13	0,06	0,16	0	0
Unbeschalter Ölkürbis	1.824	2.100	1.689	1.576	1.236

Der Krankheitsdruck im Jahr 2000 war witterungsbedingt sehr gering, die Ernte gut und die Preise einigermaßen zufriedenstellend. Eine Ausdehnung des Gemüsebaus wäre wünschenswert.

Kürbisanbau:

Die Situation beim Kürbis war im Jahr 2000 ähnlich, wie im Jahr davor. Das Virusauftreten setzte später ein, der frühe Anbau und Eingrünungen im Kürbis haben sich wieder gut bewährt. Die Erträge lagen zwischen 300 und 900 kg/ha. Die Durchschnittserträge beim Kürbis lagen 1980 vergleichsweise bei 450 kg/ha.

Obstbau:

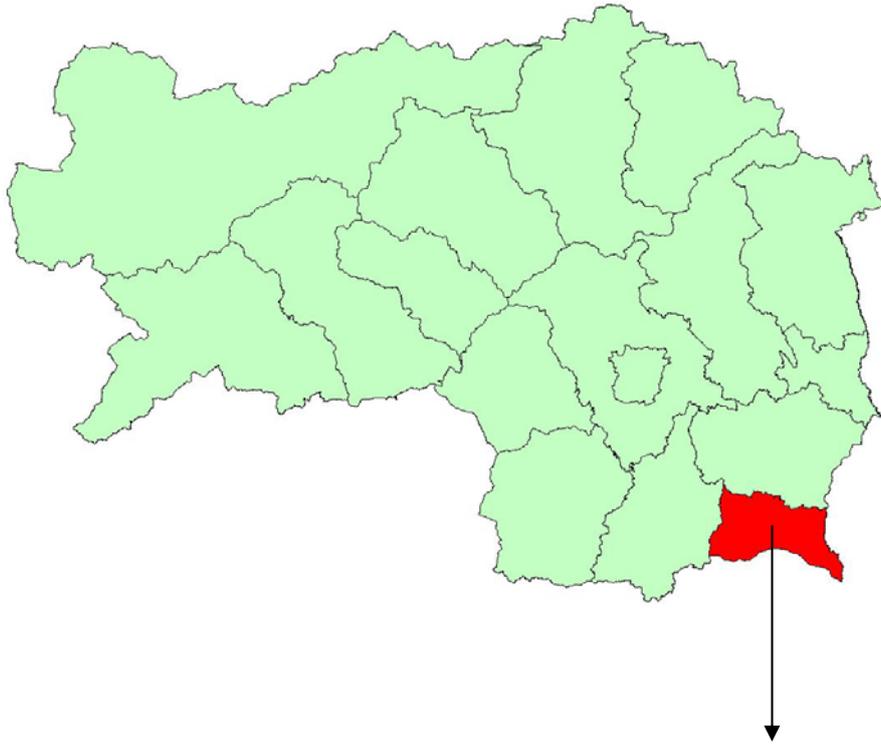
Die Zahl der Intensivobstbaubetriebe beläuft sich laut Zählung vom 1. 6. 1997 auf 148 Betriebe.

Die Netto-Obstflächen im Vergleich der beiden Jahre 1989 und 1997 betragen:

Flächen in ha	1989	1997
Äpfel	130,1	155,7
Birnen	3,2	4,3
Pfirsiche	19,7	12,0
Zwetschken	5,0	8,1
Weichsel	1,9	0,6
Schwarze Johannisbeeren	3,4	0,2
Rote Johannisbeeren	0,5	0,4
Erdbeeren	4,7	7,2
Holunder	23,7	90,3
Diverse	0,5	1,6
Gesamtfläche:	192,7	280,4

Weinbau:

Zur Zeit (Tätigkeitsbericht 2000) bewirtschaften 697 Weinbauern eine Weinfläche von 424 ha. Im Bezirk bestehen vier Weinbauvereine mit derzeit ca. 590 Mitgliedern.



Radkersburg

Läuse- und Unkrautbekämpfung bei Ölkürbis - Versuchsstandort Zelting -

(Versuchsreferat der Steirischen Landwirtschaftsschulen)

Versuchsziele:

Der Ölkürbis ist in der südöstlichen Steiermark zu einer Hauptkultur des Ackerbaus geworden und daher ist auch eine Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes von wirtschaftlichem Interesse. Zusätzlich wurde im Anbaujahr 1997 ein großer Teil der Ölkürbisernte durch den Zucchinielbmosaikvirus vernichtet, sodass auch in diesem Zusammenhang Gegenstrategien entwickelt werden müssen.

Daraus ergaben sich folgende Fragen für diesen Versuch:

1. Vermindert Läusebekämpfung den Virenbefall?
2. Auswirkungen mechanischer Unkrautregulierung auf den Virenbefall.
3. Bietet eine Saatgutbeizung mit Insektiziden gegen Läusebefall einen Schutz gegen Viren?
4. Haben unterschiedliche Anbauzeitpunkte einen Einfluß auf den Virusbefall und den Ertrag?

Die Fragen 1 bis 3 wurden in dieser Form in den Jahren 1998 bis 2000 behandelt, die Frage 4 wurde 1999 und 2000 in diesem Versuchsprogramm beobachtet.

Varianten:

6 Pflanzenschutzvarianten: (einfaktoriell)

1. Nur mechanische Unkrautbekämpfung mit 2-maliger Hacke (in der Reihe händisch), ohne Blattlausbekämpfung und ohne chemischer Unkrautbekämpfung.
2. Nur mechanische Unkrautbekämpfung mit 2-maliger Hacke (in der Reihe händisch), mit 1 – 2-maliger Blattlausbekämpfung (Pirimor DG) aber ohne chemische Unkrautbekämpfung.
3. Mechanische Unkrautbekämpfung mit 2-maliger Hacke und chemische Unkrautbekämpfung mit Gesagard oder Command – Bandspritzung (ev. mit Dual) und mit Blattlausbekämpfung (Pirimor DG)
4. Mechanische Unkrautbekämpfung mit 2-maliger Hacke und chemische Unkrautbekämpfung mit Gesagard oder Command – Bandspritzung (ev. mit Dual) (wie Variante 3); Blattlausbekämpfung mit Neudosan (Öl).
5. Nur chemische Unkrautbekämpfung mit ganzflächiger Gesagard- oder Command-Spritzung (ev. mit Dual), ohne Blattlausbekämpfung; wenn notwendig, ein händisches Entfernen der Problemunkräuter (z.B.: Melde)

6. Nur chemische Unkrautbekämpfung mit ganzflächiger Gesagard- oder Command-Spritzung (ev. mit Dual) und 1 – 2-malige Blattlausbekämpfung mit Pirimor DG, keine händische Nachbesserung der Unkrautbekämpfung.

Anbauzeitpunkt und Beizung (zweifaktoriell):

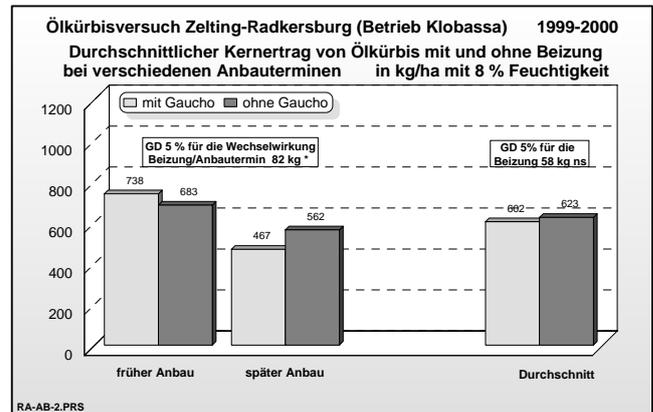
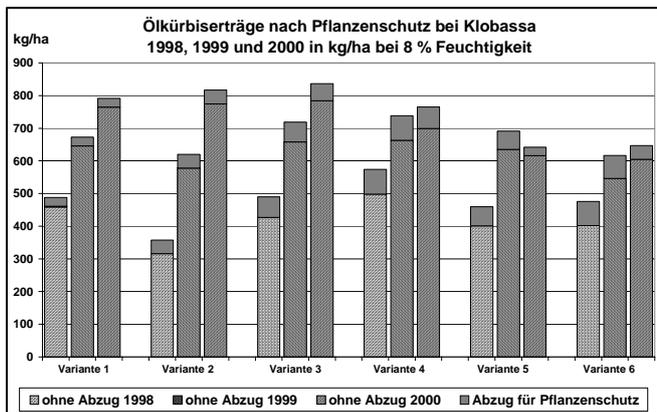
2 Anbauzeitpunkte:

früher Anbau: 7.5.1999 und 27.4.2000
 später Anbau: 18.5.1999 und 6.5.2000

2 Beizungsvarianten:

1. Verwendung von mit Gaucho gebeiztem Saatgut
2. Verwendung von Saatgut ohne Gaucho-Beizung

Versuchsergebnisse:



GD 5% für die 3-Jahresmittel der Ertragsunterschiede: 63 kg/ha

GD 5% für die Wechselwirkung zwischen den Jahren: 120 kg/ha

Vergleicht man die 3 Versuchsjahre, so fällt auf, dass in der Tendenz beim **Pflanzenschutz** die Varianten in allen drei Versuchsjahren ähnlich reagiert haben (Ausnahme: Variante 5 im Jahr 2000), aber auf unterschiedlichem Ertragsniveau. Sowohl die Variantenmittelwerte über die 3 Versuchsjahre als auch die Unterschiede innerhalb der Versuchsjahre sind statistisch abgesichert.

Die alleinige mechanische Unkrautbekämpfung mit Blattlausbekämpfung (Variante 2) und die chemischen Unkrautbekämpfungsvarianten 5 und 6 brachten im 3-jährigem Mittel den geringsten Ertrag, während die pflanzenschutzmäßig intensiveren Varianten 3 und 4 den durchschnittlichen Höchstertrag lieferten. Die zusätzliche Bodenlockerung über die Hacke bei den Varianten 1 bis 4 führte im letzten Versuchsjahr zu deutlich höheren Erträgen – wahrscheinlich deshalb, weil der Versuchsacker kurz nach dem Anbau durch einen Starkregen sehr verschlammte und die Hacke für neuerliche Lockerung sorgte.

Optisch war in den Jahren 1998 und 1999 nur bei den Varianten mit ausschließlich chemischer Unkrautbekämpfung eine etwas stärkere Verunkrautung (besonders mit Weißem Gänsefuß) festzustellen. Im Jahr 2000 reifte der Ölkürbis durch extreme

Sommertrockenheit relativ rasch ab und in der Folge breitete sich der Weiße Gänsefuß besonders stark aus.

Betriebswirtschaftlich gesehen sind die kombinierten Unkrautbekämpfungsmaßnahmen natürlich auch teurer, sie fallen aber bei den verhältnismäßig hohen Preisen für 1 kg Ölkürbiskerne (ÖS 30,--/kg) nicht so ins Gewicht.

In der Frage des richtigen **Anbauzeitpunktes** war in beiden Jahren der frühe Anbau eindeutig überlegen. Auffallend war die sehr starke Verunkrautung mit Weißem Gänsefuß beim Spätanbau (besonders im Jahr 1999) und gegen Ende der Vegetationsperiode auch noch mit Franzosenkraut. Dies dürfte ein Grund für den geringeren Naturalertrag sein.

Die **Insektizidbeizung mit Gaucho** führte im Durchschnitt zu einem geringfügig höheren Ertrag, welcher aber nicht abgesichert ist. Innerhalb der Versuchsjahre sind die Ergebnisse allerdings ziemlich uneinheitlich.

Unter Einbeziehung der Beobachtungen bei anderen Versuchen kann behauptet werden, dass die Gaucho-Beizung beim Ölkürbis zu keinem höheren Ertrag führt. Es ist aber mit Verzögerungen im Aufgang bis zu einer Woche zu rechnen, wenn die Boden- und Witterungsverhältnisse nicht optimal sind.

Versuchsansteller:

Versuchsreferat der Steir. Landwirtschaftsschulen
LK-Gartenbauabteilung: DI. Dr. Kiendler, DI. Weber
LK-Pflanzenbau-/Pflanzenschutzabteilung: DI. Klug
Bezirkskammer Feldbach/Radkersburg: Ing. Bauer

Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse aller 24 im Bezirk Radkersburg eingerichteten Standorte des Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzprogrammes können im Internet unter folgender Adresse eingesehen werden:

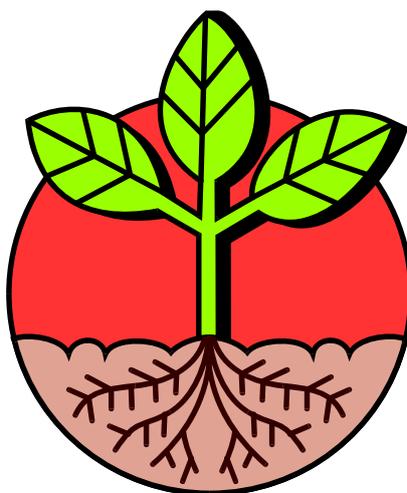
www.bodenschutz.steiermark.at

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

Für jeden Standort sind

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

in übersichtlicher Form dargestellt.



Erläuterung der Abkürzungen

Die Untersuchungsparameter:

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

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

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

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

HCB Hexachlorbenzol

PAH's, PAH Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

Konzentrationsangaben:

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

Literatur

Erläuterungen zur Bodenkarte 1: 25.000 der Österreichische Bodenkartierung - Kartierungsbereich Mureck (KB 17) und Radkersburg (KB 45); herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1974 und 1978.

Richtlinien für sachgerechte Düngung - 5. Auflage, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1999.

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 - 2000.

Niederösterreichische Bodenzustandsinventur, 1994.

Oberösterreichischer Bodenkataster - Bodenzustandsinventur 1993.

Bodenzustandsinventur Kärnten, 1999.

Diverse ÖNORMEN des Österreichischen Normungsinstitutes.

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

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

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

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

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

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

IMPRESSUM

Herausgegeben von:

FA10B - Landwirtschaftliches Versuchszentrum
Fachabteilungsleiter Hofrat Univ.-Prof. Dr. Ing. Michael KÖCK
Burggasse 2, 8010 Graz

Redaktion, Layout und Inhalt:

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

Unter Mitarbeit von:

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

Druck:

FA1A - FA Präsidialangelegenheiten und Zentrale Dienste

