

ABTEILUNGSLEITER MAG. FRANZ GRIESSER



Vorwort



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

Durch die Anlage dieser Standorte in den 1980er Jahren kann nun auf eine Datengrundlage von über 20 Jahren zurückgegriffen werden. Nun kann mit Hilfe dieser Daten eine Zeitreihe dargestellt werden und es können die langfristigen Veränderungen in den landwirtschaftlichen Böden in der Steiermark aufgezeigt werden. Diese Daten können auch in Zukunft für die Landwirtschaft von großer Bedeutung sein und in Hinblick auf klimatische und gesellschaftliche Veränderungen eine fundierte wissenschaftliche Basis für Diskussionen darstellen.

Der vorliegende Bodenschutzbericht 2020 soll die Präsentation der Ergebnisse des Bodenschutzprogrammes im Bezirk Leibnitz der letzten 20 Jahre sein. Er diskutiert in bewährter Weise die Nähr- und Schadstoffsituation der landwirtschaftlich genutzten Böden in diesem Bezirk der Steiermark und geht auch auf aktuelle Themen im Bereich Landnutzung und Bodenverbrauch ein.

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	4
2. Das Bodenprobenarchiv der Steiermark.....	8
3. Das steirische Bodenschutzprogramm – ein Programm mit Zukunft!	9
4. Durchführung der Untersuchungen.....	12
4.1 Probennahme Boden	13
4.2 Probennahme Pflanzen.....	15
5. Geologie	16
6. Bodentypen.....	19
7. Ergebnisse der Bodenzustandsinventur	27
7.1 Allgemeines.....	28
7.2 Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe	31
7.2.1 Sand, Schluff & Ton	32
7.2.2 pH-Wert	33
7.2.3 Kalk (CaCO_3)	34
7.2.4 Phosphor (P) / Phosphat (P_2O_5)	36
7.2.5 Kalium (K_2O)	38
7.2.6 Magnesium (Mg).....	40
7.2.7 Bor (B).....	42
7.2.8 Die EDTA-extrahierbaren Spurenelemente Kupfer (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn) & Eisen (Fe)	44
7.2.9 Die austauschbaren Kationen Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K) & Natrium (Na).....	49
7.2.10 Das wasserextrahierbare Fluor (F).....	52
7.3 Schwermetalle.....	54
7.3.1 Allgemeines	55
7.3.2 Kupfer (Cu).....	58
7.3.3 Zink (Zn).....	59
7.3.4 Blei (Pb)	60
7.3.5 Chrom (Cr)	61
7.3.6 Nickel (Ni)	62
7.3.7 Kobalt (Co)	63
7.3.8 Molybdän (Mo)	64
7.3.9 Cadmium (Cd).....	65
7.3.10 Quecksilber (Hg).....	67
7.3.11 Arsen (As)	69
7.4 Organische Schadstoffe	70
7.4.1 Die chlorierten Kohlenwasserstoffe (HCB, Lindan & DDT).....	71

7.4.2	Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)	73
7.4.3	Triazine	76
8.	Standortnutzung & Versiegelung.....	77
9.	Entwicklung des Humus im Bezirk Leibnitz.....	79
10.	Bodenbelastung an Tontaubenschießplätzen.....	82
11.	Bodenschutzberichte	86
12.	Erläuterung der Abkürzungen	87
13.	Verwendete Literatur und Kartenmaterial.....	87

1. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im Bezirk Leibnitz der letzten 20 Jahre

Ziel und Durchführung der Untersuchungen

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

Um diesem Auftrag gerecht zu werden, wurden vom Referat Boden- und Pflanzenanalytik des Landwirtschaftlichen Versuchszentrums in den Jahren 1986 - 1998 **58 Untersuchungsstandorte im Bezirk Leibnitz** 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 im Bezirk Leibnitz der vergangenen 20 Jahre und verknüpft diese mit aktuellen Themen aus dem Bereich Bodenschutz und Klimaschutz.

Untersuchungsergebnisse

Allgemeine Bodenparameter:

Für **pH-Wert** kann folgendes beobachtet werden. Für den Bezirk Leibnitz kann seit den 1980er Jahren kein wirklicher Trend erkannt werden. Die pH-Werte der landwirtschaftlich genutzten Böden befinden sich in letzter Zeit über dem steirischen Schnitt von 5,43. Es ist allerdings doch zu beobachten, dass die Werte in den letzten 20 Jahren nach unten gegangen sind. Beim **Kalk (CaCO₃)** ist folgendes zu erwähnen. War der Gehalt in den 1990er Jahren noch in die Bewertungsklasse mittel einzustufen, so ist der Gehalt in den 2010er Jahren auf die Bewertungsklasse niedrig zurückgegangen. Nun aber eine generelle Kalkverarmung der Standorte im Bezirk Leibnitz daraus abzulesen, wäre die falsche Schlussfolgerung. Hier spielt wieder der Flächenverlust an landwirtschaftlichen Böden mit hinein. So wurden eben seit den 1990er Jahren im Bezirk die tiefgründigen, flachen Ackerböden, auf Grund ihrer Nähe zur Autobahn verbaut und es blieben nur noch, nicht mehr so ertragreiche Standorte über.

Nährstoffe, Spurenelemente und das wasserlösliche Fluor:

Phosphor und **Kalium**: Generell ist die Versorgung der Pflanzen mit Phosphor im Bezirk über die letzten Jahrzehnte immer ausreichend gewesen. Die Anhebung der Durchschnittswerte ist aber

mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die verbesserte Düngeplanung der Landwirte in Abhängigkeit von verschiedenen Programmen zur Bodenfruchtbarkeit zurückzuführen.

Festzuhalten ist, dass die Kalium Gehalte im Bezirk Leibnitz starken Schwankungen unterliegen und auch kein Trend zu einer Verarmung festgestellt werden kann. Im Anbetracht, dass im Bezirk Leibnitz aber vorwiegend leichte Böden vorhanden sind, muss festgehalten werden, dass die Kalium Gehalte immer noch hoch sind.

Magnesium: Beim Magnesium kann beobachtet werden, dass die hohen Werte zwar rückläufig sind, aber immer noch auf einem hohen Niveau sind, wenn man die vorherrschende Bodenschwere auch mitberücksichtigt. Der geringe Rückgang und somit eine Überversorgung mit nicht mehr pflanzenverfügbarem Magnesium, ist wiederum auf die besseren agronomischen Kenntnisse der Landwirte zurückzuführen und die Förderprogramme in denen eine Bodenuntersuchung vorgeschrieben wird.

Bor: Die Bor Verfügbarkeit ist über die Jahre fast gleichgeblieben. Die Unterschiede sind statistisch nicht mehr abzusichern, so dass von einer mittleren Borversorgung im Bezirk ausgegangen werden muss. Ein Trend ist zwar im geringen Umfang erkennbar aber nicht signifikant zu sehen.

Fluor: Bei der Versorgung mit pflanzenverfügbaren Fluor kann eine Korrelation zwischen der Erhöhung der Ausbringungsmengen bei Phosphor hergestellt werden. Da im Phosphor Dünger auch Fluor vorhanden ist und die Mengen im Boden in den letzten 20 Jahren gestiegen sind, reichert sich der sehr immobile Nährstoff im Boden an.

Die pflanzenverfügbaren Spurenelemente Kupfer, Zink, Mangan und Eisen:

Die Versorgung mit dem Spurenelement Kupfer in den letzten Jahrzehnten hat sich zunehmend verbessert. Dies ist vor allem auf den gezielten Einsatz als Dünger oder auch als Pflanzenschutzmittel zurückzuführen. Die Zink Versorgung im Bezirk Leibnitz über die letzten Jahrzehnte ist diffus zu betrachten. Hier sind die Schwankungen so gering, dass keine gesicherte Aussage über einen Trend gemacht werden kann. Was allerdings aus den Daten abzulesen ist, dass im Bezirk die Zink Versorgung doch etwas unter dem Mittel von 8 mg/kg ist. Der Anstieg des Mangan Gehaltes im Boden korreliert mit dem Anstieg an Kupfer im Boden. Die Erklärung hierfür ist wahrscheinlich die Kombination der Düngemittel, so werden Kupferdünger nicht in Reinform ausgebracht, sondern in Kombination mit Mangan, Zink, Kupfer, Bor oder auch Schwefel. Diese Blattdünger wirken zwar vor allem in der Pflanze, es gelangt aber auch ein gewisser Teil der Ausbringungsmenge in den Boden. Ein nachweisbarer signifikanter Anstieg an Eisen ist im Boden zu erkennen. Dies kann ein erstes Anzeichen für den Ausbau der Anbaufläche von Mais sein und dabei der intensiven Nutzung von Schneckenkorn. Die Basis dieses Molluskizid ist Eisen(III)-phosphat.

Die austauschbaren Kationen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium:

Die Mengen an Kalzium schwanken in den letzten Jahren stark und sind an die Versorgung mit Kalium gekoppelt. Die Mengen an Natrium haben über die letzten Jahrzehnte nur sehr gering nachgelassen und geben keinen besonderen Anlass zur Sorgen. Sollte der Mais Anbau jedoch

noch weiter ausgebaut werden und andere C4-Pflanzen Alternativen angebaut werden (z.B.: Hirse), kann es jedoch zu einem Ertragsrückgang durch Natrium-Verarmung kommen. Dies sollte aber bei regelmäßigen Bodenuntersuchungen im Rahmen der Düngerplanung kein Problem darstellen.

Schwermetalle:

Im Bezirk Leibnitz sind neben der naturgegebenen geogenen Grundbelastung des bodenbildenden Ausgangsmaterials und der heute üblichen ubiquitären Umweltbelastung folgende Auffälligkeiten festzustellen:

- ✚ Leider ist zu beobachten, dass die **Blei** Konzentration im Boden trotz diverser Verbote (Kraftstoffe) leicht gestiegen ist. Dies könnte vor allem mit der Zunahme an Verkehr und der kalorischen Verbrennung von Kohle im Kraftwerk Mellach zusammenhängen. Die Abschaltung könnte den Bleigehalt im Boden in Zukunft zurückgehen lassen, aber dieser wird trotzdem noch lange Zeit messbar sein. Die Belastungen der letzten Jahre liegen unter dem gesetzlichen Grenzwert.
- ✚ Im Bezirk Leibnitz sind die **Cadmium** Gehalte sehr niedrig und tendenziell auch abnehmend. Der Grenzwert liegt im Boden in der Steiermark bei 2 mg/kg und wird hier nicht überschritten. Es besteht also keine große Gefahr einer Anreicherung von Cadmium in den produzierten Lebensmitteln im Bezirk.
- ✚ Beim **Kupfer** ist ein leichter Trend zu erkennen. Mit Beginn der Verbreitung des biologischen Landbaus zu Beginn der 2000er Jahre, und vor allem im Weinbau, wurde wiederum vermehrt Pflanzenschutz mit Hilfe von Kupfer betrieben und somit ist auch der Anstieg der Kupferwerte zu erklären.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass bei einzelnen Standorten in den letzten Jahrzehnten gesetzliche Grenzwerte überschritten wurden und deshalb wiederum Pflanzenproben im Anlassfall untersucht wurden. Auffallend hoch waren dabei nur die Nickelgehalte in einer Kürbiskernprobe eines Standortes.

Organische Schadstoffe:

Generell kann gesagt werden, dass die **chlorierten Kohlenwasserstoffe** nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. HCB und Lindan sind mittlerweile, bis auf ein paar Ausnahmen, unter der Nachweisgrenze. Die Mengen an DDT in den Böden des Bezirks Leibnitz ist mittlerweile auf einem sehr niedrigen Niveau. Die Rückstände werden trotzdem noch über einige Jahrzehnte nachweisbar sein, da DDT extrem persistent im Boden ist. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass chlorierte Kohlenwasserstoff im Bezirk Leibnitz in den Böden noch vorkommen, aber von einer massiven Belastung ist nicht zu sprechen.

Es ist ein deutlicher Anstieg der Belastung mit **polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen** festzustellen. Eine Erklärung hierfür könnte der stetig zunehmende Schwerverkehr im Bezirk sein bedingt durch die Ansiedelung von vielen Betrieben in den letzten 30 Jahren. Zu Bedenken

ist in diesem Zusammenhang, dass diese Stoffe zwar nicht von der Pflanze als solches aufgenommen werden, wohl aber durch Auswaschungen sich in den Gewässern, Seen und sogar bis in das Grundwasser ausbreiten können.

Die Schwankungsbreite der **Atrazin** Rückstände im Boden kann auf Grund von inhomogener Aufbringung eine relativ hohe lokale Variabilität aufweisen! Auf Grund der hohen Schwankungen der Rückstände im Boden durch die jahreszeitliche Verteilung und auch der unterschiedlichen Kulturfolge in den Jahren, ist es vollkommen unseriös hier eine Abnahme oder Zunahme dieser Wirkstoffe zu untersuchen.

Die **Standortnutzung** hat sich in den letzten Jahrzehnten stark geändert. 43 % der Untersuchungsflächen im Bezirk Leibnitz werden ackerbaulich, 22 % als Grünland und 14 % der Standorte werden als Wein- Obst- oder Hopfenkultur genutzt. Die restlichen 21 % sind entweder versiegelt worden oder durch anderen menschlichen Einfluss aus der landwirtschaftlichen Produktion genommen worden (z. B. Aufforstungen). Bedenklich ist somit, dass **fast ¼ der landwirtschaftlichen Untersuchungsflächen in den letzten 20 Jahren unwiederbringlich verschwunden** sind!

Der **Humusgehalt** ist über die **Jahrzehnte gleichgeblieben**. Die Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass der Humusgehalt in den steirischen Böden, seien es jetzt ackerbaulich genutzte Böden oder Böden die unter Grünlandnutzung stehen, mittlerweile einen so hohen Humusgehalt erreicht haben, dass ein Zuwachs nur noch in sehr geringen Ausmaß erfolgt. Dieser Zuwachs ist wiederum auf Grund der Messgenauigkeit und den natürlichen Schwankungen über das Jahr auch noch schwer nachzuweisen. Wichtig scheint grundsätzlich die Fortführung der bereits ergriffenen Maßnahmen im Ackerbau, die Veränderung der Bewirtschaftung der Betriebe und noch wichtiger ist die zunehmende Verbauung der landwirtschaftlichen Regionen dieses Bezirkes zu verhindern.

Das weitere Vorgehen

Die in diesem Bericht präsentierte Bodenzustandsinventur des Bezirkes Leibnitz ist ein wichtiger 1. Schritt in der Erweiterung unserer Kenntnisse über den Boden. Erst über das Wissen bestehender Belastungen und über 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 keine Bodendauerbeobachtung im Sinne einer qualitativen Bodenuntersuchung, sondern ein Übergang zu einem quantitativen und qualitativen Bodenschutz, welcher den Boden effektiv in seiner Funktion bewertet, so genannte „**Bodenfunktionskarten**“. Diese Karten machen flächendeckend die Leistungen von Böden sichtbar. Sie zeigen zum Beispiel, wo die fruchtbarsten Böden zu finden sind oder welche Böden besonders viel zur Abflussregulierung, z.B. nach Starkregenereignissen, beitragen.

2. Das Bodenprobenarchiv der Steiermark

Im derzeitigen Referat Boden- und Pflanzenanalytik der A 10 Land- und Forstwirtschaft des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung in der Ragnitzstraße 193 - Graz, befindet sich das Archiv aller im Rahmen des Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzprogrammes gezogenen Boden- und Pflanzenproben. Die Herkunft der Proben ist durch Lagebeschreibungen, Skizzen, Fotos, GPS-Koordinaten und Vermarkung in der Natur gesichert.

Die Bodenproben dieses Archivs sind die Basis dieser und aller zukünftigen Untersuchungen zur Bodendauerbeobachtung und zu umweltrelevanten Fragestellungen, wenn vergleichende Daten zu bereits gemessenen oder noch nicht erhobenen Parametern relevant werden (man erinnere sich nur an die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl 1986, wo leider keine unbelasteten Vergleichsproben der Vorjahre vorhanden waren).

Egal, ob heute, in einigen Jahren, oder einigen Jahrhunderten, sorgfältig archivierte Bodenproben werden mit zunehmendem Alter immer wertvoller!

Bewahren und Erweitern

Es ist eine wichtige Aufgabe dieser und der kommenden Generationen, die Bodenproben dieses Archivs zu bewahren und zu erweitern, damit der Schutz unserer Lebensgrundlage Boden durch kontrollierende Maßnahmen weiterhin gewährleistet werden kann.



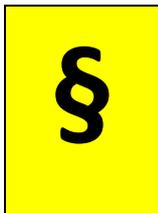
Abbildung 1: Probenarchiv des Referates Boden- und Pflanzenanalytik

3. Das steirische Bodenschutzprogramm – ein Programm mit Zukunft!

Boden ist - in menschlichen Dimensionen gemessen - ein nicht vermehrbares und überaus schützenswertes Gut. Er ist, als Produktionsstätte unserer Nahrung, eine der wichtigsten Lebensgrundlagen des Menschen.

Am **8. 10. 1984** wurde zur Erfassung des Bodenzustandes in einer ersten Besprechung der Aufbau eines Bodenuntersuchungsnetzes in der Steiermark projektiert.

Am **1. 7. 1985** fasste die Steiermärkische Landesregierung den Grundsatzbeschluss zu einem „Steirisches Bodenschutzprogramm“ zur Erfassung und laufenden Kontrolle des Zustandes landwirtschaftlicher Böden in der Steiermark. Das Projekt sollte als Dauereinrichtung in der damaligen Landwirtschaftlich-chemischen Versuchs- und Untersuchungsanstalt installiert werden. In der Folgezeit wurde mit der Ausarbeitung des Steiermärkischen Bodenschutzgesetzes begonnen. Die Einrichtung des ersten Untersuchungsstandortes des Bodenschutzprogrammes erfolgte im Leibnitzer Feld am **15. 4. 1986**.



Mit **2. 6. 1987** beschließt der Steiermärkische Landtag ein Gesetz zum Schutz landwirtschaftlicher Böden, das **Steiermärkische landwirtschaftliche Bodenschutzgesetz** (LGBl. Nr. 66 / 1987) und mit **14. 12. 1987** ergeht eine Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung, mit der ein landwirtschaftliches Bodenschutzprogramm erlassen wird, die **Bodenschutzprogrammverordnung** (LGBl. Nr. 87 / 1987).

Aufgabe des Bodenschutzprogrammes ist es, 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.

Zu diesem Zweck wurden in den Jahren 1986 – 1989 in den von der Bodenschutzprogrammverordnung vorgegebenen Untersuchungsregionen **119 Standorte** eingerichtet (**Nichtrasterstandorte**) und die Bodenproben aus mehreren Bodenschichten auf die geforderte Vielzahl an Parametern hin analysiert. An jedem Untersuchungsstandort erfolgte in dem auf das Erstuntersuchungsjahr nachfolgende Jahr zur Absicherung der Untersuchungsergebnisse eine Kontrolle des Oberbodens. Im Jahr 2006 wurde das Rasternetz, welches durch Ausfall von Untersuchungsflächen (zum Beispiel durch Verbauung) und auch um kleinflächig genauere Ergebnisse zu erhalten, durch **489 Verdichtungsstandorte** ergänzt. In Summe ergibt sich somit ein aussagekräftiges, flächendeckendes Netz von **1.000 Untersuchungsstandorten** in der Steiermark. 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 1.000 Untersuchungsstandorten in der Steiermark **3.929 Bodenproben** untersucht.

Essentielle Basis bei der Errichtung eines für die Dauerbeobachtung geeigneten Untersuchungsnetzes ist die sorgfältige Vermessung und Markierung der Standorte. Beim Steiermärkischen

landwirtschaftlichen Bodenschutzprogramm wurde wie folgt vorgegangen. Erstellung einer Lagekarte: Der Mittelpunkt des Untersuchungsstandortes wird von mehreren Fixpunkten mit Meter- und Winkelmaß eingemessen. Im Acker und Wechselland wird im Mittelpunkt des Probenahme Kreises in ca. 40 cm Tiefe ein kleiner Permanentmagnet versenkt, an den übrigen Standorten erfolgt die Markierung durch Einschlagen eines großen Messnagels, dessen Kappe unter dem Wurzelfilz verborgen ist und eine problemlose Bewirtschaftung ermöglicht. Der Standort wird fotografisch durch zwei Bilder (Blickrichtung Nord und Süd) dokumentiert. Erfassung der GPS-Daten im Bundesmeldenetz MGI und seit einiger Zeit werden die Daten auch im **WGS84 System** erfasst um international vergleichbar zu sein.

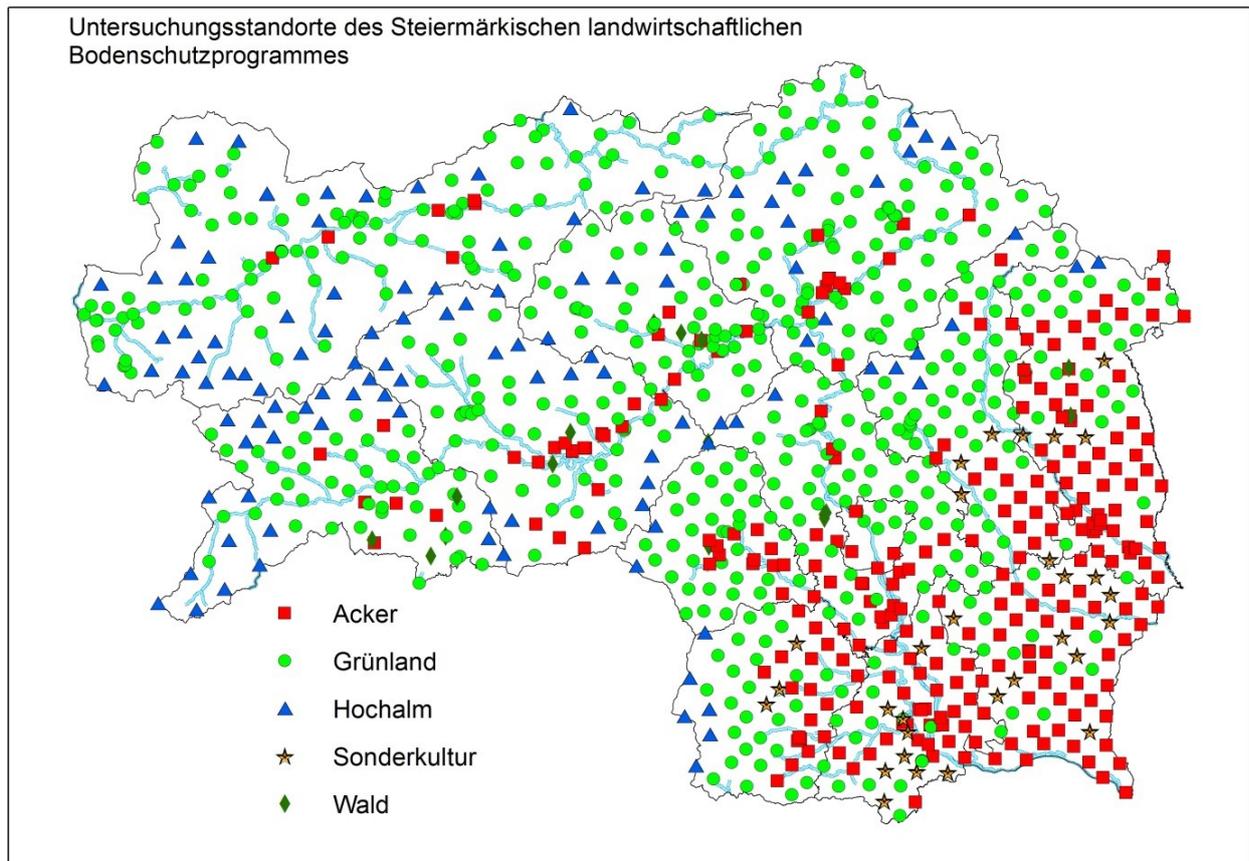


Abbildung 2: Untersuchungsstandorte des Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzprogramm

Die laufenden Ergebnisse der Untersuchungen wurden einer Forderung des Bodenschutzgesetzes entsprechend alljährlich dem Steiermärkischen Landtag in Form eines **Bodenschutzberichtes** zur Kenntnis gebracht.

Das Bodenschutzprogramm ist so konzipiert, dass es sich auch an die geänderten Bedingungen der Umwelt anpassen kann, so kann immer eine Verdichtung des Netzes vorgenommen werden. Derzeit wird nur von landwirtschaftlich genutzten Böden eine Probenahme durchgeführt, genauso wären aber Proben in Parkanlagen, auf Sportplätzen, auf Skipisten und anderen Standorten möglich um ein detaillierteres Bild über den Boden zu bekommen. Auch eine Anpassung an geänderte gesellschaftliche Bedingungen ist möglich. Zum Beispiel spielen Pflanzenschutzmittelrückstände im Boden heute eine größere Rolle wie noch vor 30 Jahren, auf diese Veränderungen kann reagiert werden und auch eine Anreicherung hintangehalten werden. Prinzipiell lässt sich

durch ein detailliertes Bodenschutzprogramm auch feststellen, welche Ackerböden für die Nahrungsmittelproduktion besonders zu bevorzugen sind und somit vor einer Versiegelung geschützt werden müssen.

*In Anbetracht der derzeitigen Diskussionen in Europa über Bodenverbrauch und Bodenschutz, ist das Steirische Landwirtschaftliche Bodenschutzprogramm als ein **effektiver regionaler Ansatz (NUTS 2)** für die Zukunft zu sehen, welcher sich auch an geänderte Bedingungen anpassen kann!*

4. Durchführung der Untersuchungen

Vorgangsweise beim Aufbau des Untersuchungsnetzes im Jahr 1993

Rasterstandorte:

Mittels eines computergestützten Rechenmodells wurden als erster Schritt die genauen Koordinaten der Standorte berechnet. Für den Bezirk Leibnitz ergaben sich 43 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 31 Rasterstandorten, welche es von der Bodenzustandsinventur zu erfassen galt.

Die Bodenprobennahmen an diesen Untersuchungsstellen wurden 1993 begonnen und im Jahre 1996 (Wiederholungsprobennahmen) abgeschlossen. Zwei Standorte mussten wegen Aufforstung bzw. Verbauung als nicht beprobbar ausgesondert werden, sodass letztlich **29 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 50m (die Reihenfolge der Verlegungsversuche ist einzuhalten!)
2. Verlegung nach Norden, Osten, Süden oder Westen um 100m (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!

Nicht rasterstandorte:

Zur Abklärung spezieller Fragestellungen und um die Lücken im Untersuchungsnetz, welche durch den Wegfall einiger Standorte (Wald, nicht beprobbares Gelände) entstanden sind zu schließen, wurden zusätzlich weitere **29 Nicht rasterstandorte** untersucht.

In Summe wurden somit im Bezirk Leibnitz 58 Untersuchungsstandorte eingerichtet.

4.1 Probennahme Boden

Bei der Bodenprobennahme werden nach einem genau festgelegten Probennahme-Design an 4 Stellen mit dem Spaten Proben entnommen und in einem Kübel zu einer Mischprobe vereint. Dabei ist auf eine gute Homogenisierung der Probe zu achten, besonders, wenn an Ackerstandorten gleich vor Ort ein Teil der Probe für die Untersuchung auf Triazin-Rückstände in einen eigenen kleinen Plastiksack abgefüllt wird.

Probennahmeplan:

Die Stellen der Erstprobennahme erfolgten in den Haupthimmelsrichtungen, jene der Wiederholungsbeprobung im Folgejahr in den Nebenhimmelsrichtungen, jeweils im Abstand von 10 Metern zum Mittelpunkt der Probennahmefläche.

Die Entnahmestellen der Zehn- Jahreskontrollen erfolgen 2, 4, 6 und 8 Meter vom Mittelpunkt entfernt in den Haupthimmelsrichtungen (siehe Skizze rechts).

Durch dieses Probennahme-Design ist es möglich, viele Probenahmen in der Untersuchungsfläche durchzuführen ohne alte, schon beprobte (und damit veränderte) Stellen mehrmals zu beproben.

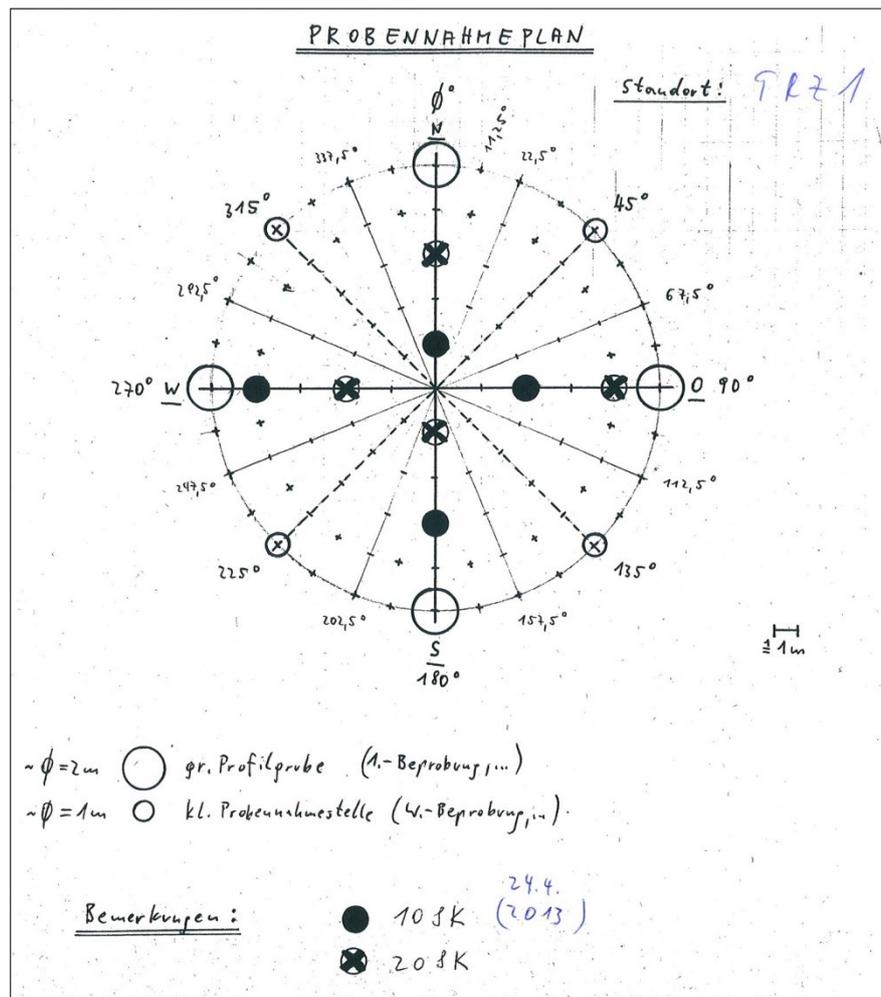


Abbildung 3: Beispiel für einen Probennahmeplan

Probenahme im Acker: 0 – 20 cm

Man sticht mit dem Spaten in Spatenbreite einen 20 cm tiefen Quader aus dem Boden und entnimmt durch einen Spatenstich entlang einer Seite der Grube einen etwa 4-5 cm dicken Erdquader.

Probenahme im Dauergrünland und in Sonderkulturen: 0 – 5 cm

Man sticht mit dem Spaten einen etwa 10 cm tiefen Rasenziegel (ca. Spatenbreite x 10 cm) aus dem Boden und eruiert die Dicke des Wurzelfilzes. Dies geschieht am einfachsten so, indem man den Rasenziegel an der Profilseite mit beiden Händen entlang der Untergrenze des Wurzelfilzes leicht anbricht und die Linie eventuell mit einem Messer anritz. Von dieser Linie schätzt man eine Bodendicke von 5 cm und entfernt den Rest durch Abtrennen mit einem Messer. Eine genaue Messung mit einem Maßstab ist nicht notwendig, da die Grenze zwischen Wurzelfilz und Boden ohnedies nicht scharf verläuft. Danach wird der Rasenziegel mit einer kleinen Schaufel in einen Kübel ausgeklopft.



Abbildung 4: Probenahme im Grünland

Die genaue Lage der 4 Probenahmestellen wird in der Probenahmeskizze (inkl. Besonderheiten) vermerkt!

Bezeichnung der 58 Untersuchungsstandorte:

Erstprobenahme	Standortbezeichnung	Anzahl der Standorte
1986	LEI 1-10	10
1993	LBA 1-10, LBB 1-10, LBC 1-8	28*
1995	LBC 9	1*
1997	VFA 1-3, VFC 1	4
1998	LBX 1-15	15

* Rasterstandorte

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

4.2 Probennahme Pflanzen

Die Entnahme von Pflanzenmaterial ist nicht an ein spezielles Probennahme-Design gebunden, sondern erfolgt wahllos an einigen Stellen der Untersuchungsfläche.

Bei der Grasprobenahme wird, sofern keine speziellen Fragestellungen anstehen, mit einer Gartenschere eine Mischprobe des aktuellen Pflanzenbestandes (Gräser, Blumen, Kräuter) gezogen. Besonderes Augenmerk ist darauf zu legen, dass die Pflanzen keine augenscheinlichen Verschmutzungen aufweisen (Erdpartikel, Staub).



Abbildung 5: Pflanzenprobe im Grünland

Im Probenahmeprotokoll sind Besonderheiten, wie Dominanz einer bestimmten Pflanzengattung, sehr kurzes oder besonders langes und aufgeblühtes Gras, mögliche Verschmutzung durch Weidevertritt etc. zu vermerken.

Erntepflanzen wie Mais, Kürbis und Obst sind nach Möglichkeit kurz vor der Ernte zu entnehmen, Getreideproben am besten nach der Ernte, was aber bedeutet, dass der exakte Bezug zur Untersuchungsstelle nicht gegeben ist.

5. Geologie

Der heutige Bezirk Leibnitz liegt im Bereich des südsteirischen Beckens, welches im Erdmittelalter (Mesozoikum) entstanden ist. In der anschließenden erdgeschichtlichen Periode (Tertiär) war fast ganz Europa - mit Ausnahme der hohen Gebirge - und somit auch das südsteirische Becken von einem Meer überflutet. Im Lauf von Jahrtausenden wurden mächtige Sedimentationsschichten abgelagert, unter denen die alte Landscholle liegt. Die Ablagerungen werden heute als Spiefelder Schlier, Florianer Tegel, Arnfelder Konglomerat, Kreuzbergschotter oder Leutschacher Sande bezeichnet. Die Mächtigkeit der Ablagerungen im südsteirischen Becken beträgt im Osten des Bezirkes mehr als tausend Meter. Der Sausalstock und der entlang der Landesgrenze liegende Remschniggzug sind Reste der paläozoischen und kristallinen Grundgebirge, welche im Jungtertiär durch tektonische Bewegungen emporgehoben wurden und nun über die Meeresablagerungen hinausragen.

Das Tertiärmeer wurde im Laufe der Zeit durch die Sedimentation immer seichter und trocknete gegen Ende der Tertiärzeit schließlich aus. In der anschließenden Quartärzeit (vor 1,8 Millionen Jahren bis heute) kam es zu gravierenden Änderungen der Landformung. Einerseits kamen die großen tektonischen Bewegungen zum Stillstand, andererseits vollzogen sich bedeutende klimatische Veränderungen. Es kam zu einem Wechsel von kalten und warmen Perioden - den vier Eiszeiten (Günz, Mindel, Riß und Würm) und Warmzeiten, in denen teilweise sogar subtropisches Klima herrschte.

Am Beginn der Kaltzeiten brachten die Bäche und Flüsse gewaltige Geschiebmassen von den Gletschern der Gebirge mit sich und lagerten dieses vorwiegend grobe Geröll in den Talungen ab. In der abklingenden Kaltzeit brachten die Grabenlandbäche des periglazialen Bereiches feines Tertiärmaterial aus dem Hügelland in die Täler.

Während der Warmzeiten ging die Aufschüttung durch die Flüsse stark zurück, weil die üppige Vegetation der Bodenerosion entgegenwirkte. Dafür gruben sich die Wasserläufe tief ein und es entstanden entlang der Flussläufe die Terrassen, in welche sich wieder die zum Haupttal strebenden Seitengerinne einschneiden. Je älter die Terrassen sind, desto stärker sind sie angegriffen, weil sich die Vorgänge der Abtragung und Zerschneidung einige Male wiederholten.

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)
- Schweinsbachwald-Terrasse (Mindel-Eiszeit)
- Helfbrunner-Terrasse (Riß-Eiszeit)
- Niederterrasse (Würm-Eiszeit)

Das jüngste Glied der Landschaftsentwicklung sind die Auenbereiche entlang der Bäche und Flüsse. Ihre Entstehung fällt in die Zeit nach der Würm-Eiszeit bis heute (Holozän) - umfasst also ungefähr die letzten Zehntausend Jahre.

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

- Die **Talbereiche** (Au der Mur und die Täler der zahlreichen Nebengerinne).
- Der Bereich der **Niederterrassen** (insbesondere das Grazer und das Leibnitzer Feld, welche entlang des Murtales - nördlich bzw. südlich von Wildon - liegen).
- Der Bereich der **Höheren Terrassen und das Hügelland**.

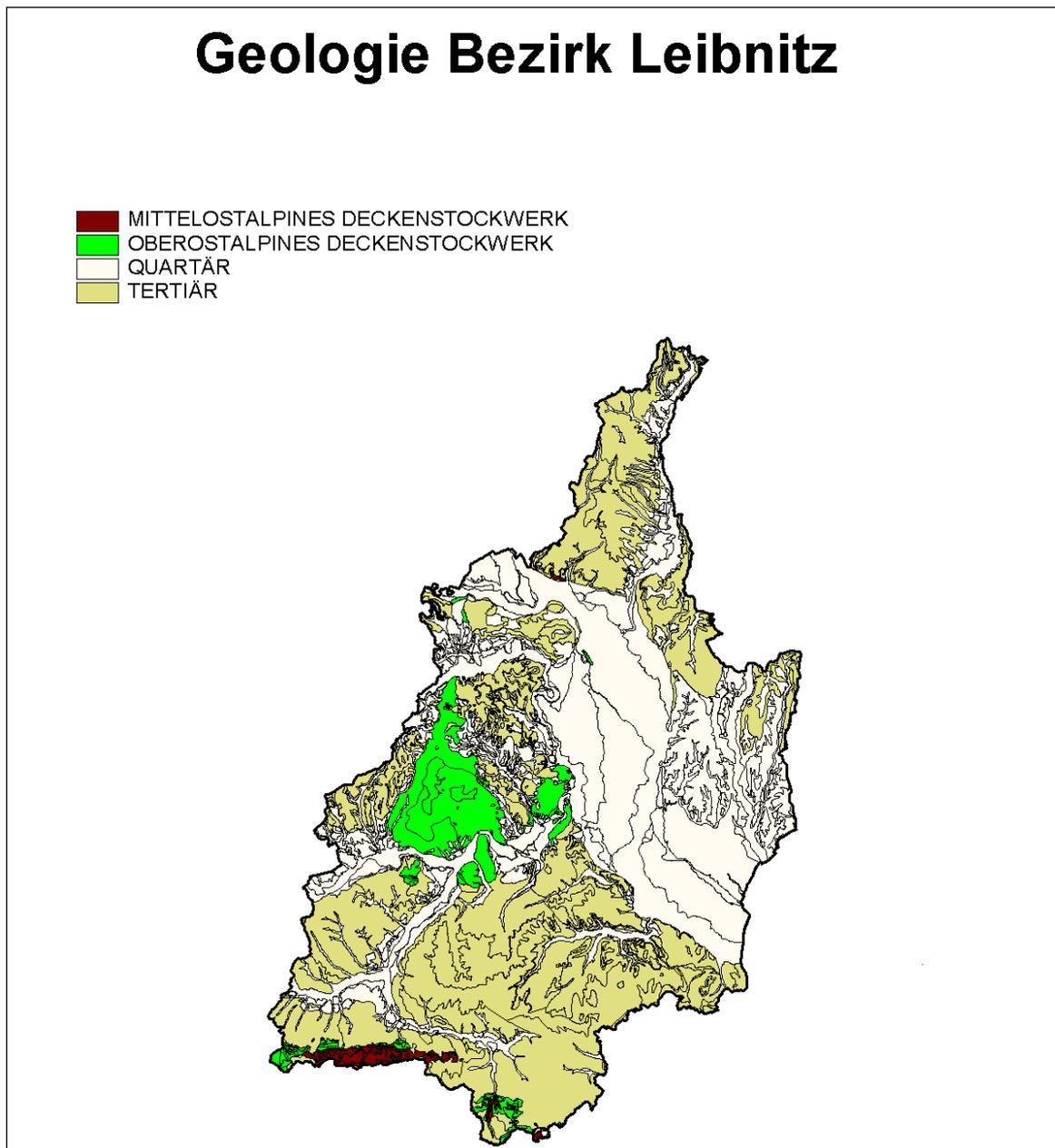


Abbildung 6: Erläuterungen zur Bodenkarte 1: 25.000 der Österreichische Bodenkartierung - Kartierungsbe-
reich Leibnitz (KB 20), Wildon (KB 31) und Arnfels (KB 116); herausgegeben vom Bundesministerium für
Land- und Forstwirtschaft; 1974, 1976 und 1983.

Die geologischen Großräume im Bezirk Leibnitz:

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

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

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

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

Im Bezirk Leibnitz findet man Reste des paläozoischen Grundgebirges im Sausal und dem entlang der Landesgrenze liegenden Remschniggzug.

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

Im Bezirk Leibnitz findet man kleine Reste des kristallinen Grundgebirges im entlang der Landesgrenze liegenden Remschniggzug.

Die Verteilung der 58 Standorte des Bodenschutzprogrammes hinsichtlich der geologischen Großräume:

Geologischer Großraum	Standortbezeichnung	Anzahl Standorte
Quartär	LEI 1-6, LBA 2,5,7,8+9, LBB 2,3+5, LBC 2,3,5,7+8, LBX 1,2,4,6,7,8,9+14	27
Tertiär	LEI 7+8, LBA 1,3,4,6+10, LBB 1,4,6,7,8,9+10, LBC 4,6+9, LBX 3,5,10,11,12,13+15 VFA 1-3, VFC 1	28
Paläozoikum	LEI 9+10, LBC 1	3

6. Bodentypen

Böden, welchen den gleichen Entwicklungszustand aufweisen, bilden einen Bodentyp. Er wird durch eine definierte Abfolge von Horizonten im Bodenprofil (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 Leibnitz findet man folgende Bodentypen:

Moore:

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

Auenböden:

Brauner Auenboden (BA); Auenböden sind Böden der Flusstäler. Bei unregulierten Fließgewässern werden sie periodisch überflutet, andernfalls hinter Hochflutdeichen von Druckwasser (bzw. Qualm Wasser) überschwemmt. Die Entwicklung von Auenböden ist grundsätzlich abhängig von der Lage zum Flusssystem und der damit verbundenen Häufigkeit und Intensität der Überflutungsereignisse. An noch unregulierten Flüssen sind Schichten mit wechselnder Korngrößen-sortierung und begrabenen A-Horizonten typisch. Der Mineralbestand ist gekennzeichnet durch vorwiegend wenig verwitterte Primärminerale aus dem Einzugsgebiet des Gewässers und entscheidet auch noch über den vorhandenen Karbonat Gehalt. Die Bodenart schwankt zwischen schluffig – lehmigen Sand und schluffigem Lehm. Die Gründigkeit ist zumeist tief. Der Wassereinfluss im Unterboden ist, bedingt durch die hohe Leitfähigkeit, gekennzeichnet durch rasch ziehendes und sauerstoffreiches Grundwasser. Ackerbaulich werden vor allem Auenböden mit einem mächtigen A-Horizont genutzt, während andere Auenböden für Grünland oder forstliche Zwecke genutzt werden. In der Forstwirtschaft wird der intensive Pappelanbau betrieben mit Umtriebszeiten von 30 bis 35 Jahren.

Grauer Auenboden (GA); sehr ähnlich dem Braunen Auenboden. Eine Anreicherung mit organischer Substanz oft verbunden mit einem höheren Gehalt an CaCO₃ lässt die typische graue Farbe entstehen. Dieser Bodentyp ist im Oberboden eher sandig-lehmig.

Gleye:

Typischer Gley (TG); der typische Gley hat die durch Grundwasser geprägte Horizontabfolge Ah/Go/Gr. Auf den vom Grundwasser unbeeinflussten Ah-Horizont folgt der verrostete Go-Horizont (Oxidationshorizont) und darunter der stets nasse, fahlgraue bis graugrüne oder auch blauschwarze Gr-Horizont (Reduktionshorizont). Der mittlere Grundwasserspiegel liegt höher als 80 cm, der geschlossene Kapillarwassersaum (des hohen Grundwasserspiegels) selten höher als 20 cm unter Flur. Der Name Gley geht auf das deutsche Wort Klei (= entwässerter Schlick) zurück. Gleye entstehen unter dem Einfluss sauerstoffarmen Grundwassers. In dem ständig nassen Gr-Horizont typischer Gleye herrschen permanent reduzierte Verhältnisse, weil das Grundwasser in abflusslosen Senken oder lehmig-tonigen Auen nur langsam zieht. Sauerstoffmangel führt zur Lösung von Eisen- und Mangan-Verbindungen, die mit dem Grundwasser kapillar aufsteigen und im Go-Horizont, wo sie mit Luftsauerstoff in Berührung kommen, als Oxide gefällt werden, was vorrangig an Grobporenwanderungen (z. B. Wurzelröhren) der Fall ist. Ein Teil des Eisens und Mangan verbleibt allerdings in Form graublau gefärbter Fe(II)- und Mn(II)-Verbindungen sowie schwarzer Fe(II)-sulfide im Grundwasserbereich. Je nach Zusammensetzung und Schwankungsbereich des Grundwassers treten in den typischen Gleyen unterschiedliche Gefüge auf, während der nur zeitweilig nasse Horizont meist krümelig, subpolyedrisch oder prismatisch ist, ist der ständig nasse Horizont im Unterboden meist singulär bis kohärent. Gleye zeichnen sich durch eine große Verbreitung aus, meist aber nur in kleinflächiger Ausdehnung auf sehr unterschiedlichen Grundgesteinen. Sie kommen in allen Gebieten mit hoch anstehendem Grundwasser vor, wobei ihre Eigenschaften stark von den vergesellschafteten Landböden und dem Grundgestein beeinflusst wird. Gleye sind die natürlichen Standorte feuchteliebender Pflanzengesellschaften wie Bruchwälder, unter anderem ist die forstliche Eignung sehr gut, vor allem beim Anbau von Baumarten mit hohem Wasserverbrauch wie Pappel, Eschen, Erlen und Birken. Bei nicht zu hohem Grundwasserstand können Gleye auch als Wiesen und Weiden genutzt werden. Gleye ohne Grundwasserabsenkung sind für den Ackerbau nicht geeignet.

Extremer Gley (EG); eine besondere Form des Gleys, der keine typische Abfolge Ah-Horizont gefolgt vom verrosteten Go-Horizont (Oxidationshorizont) und darunter der nasse, fahlgraue bis blauschwarze Gr-Horizont (Reduktionshorizont) hat. Ganzjährig bis nahe zur Bodenoberfläche reichendes Grundwasser lässt nur eine Fe-Akkumulation im Ah-Horizont oder gar keine zu, so dass sich extreme Gleye (Nassgleye) mit der Horizontabfolge Go-Ah/Gr bilden. Der Ah-Horizont des Nassgleys hat oft „verrostete“ Wurzelröhren.



Abbildung 7: Extremer Gley in Ackernutzung

Der Name Gley geht auf das deutsche Wort Klei (= entwässerter Schlick) zurück. Gleye sind die natürlichen Standorte feuchteliebender Pflanzengesellschaften wie Bruchwälder. Die forstliche Eignung ist oft sehr gut, vor allem bei Anbau von Baumarten mit hohem Wasserverbrauch wie Pappeln, Eschen und Erlen. Bei nicht zu hohem Grundwasserstand können Gleye auch als Wiesen und Weiden genutzt werden. Gley ohne Grundwasserabsenkung (Extreme Gleye) sind für den Ackerbau nicht geeignet.

Rendsinen und Ranker:

Wenn unmittelbar über festem oder grobem Ausgangsmaterial ein mehr oder minder mächtiger, aber jedenfalls ein deutlich ausgebildeter Humushorizont sitzt, spricht man - je nach der chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials - von Eurendsinen, Pararendsinen oder Ranker.

Eurendsina (ER); entsteht aus Kalkmaterial, das keinen oder nur sehr geringen Anteil an silikatischen Gemengeteilen aufweist. Der Karbonat Gehalt dieser Böden, die vor allem aus Kalkfels, Kalkschutt oder Kalkschotter hervorgehen, ist dementsprechend sehr beträchtlich. Je nach der Härte des Materials und der Lage entstehen in der Regel seicht- oder mittelgründige Böden, also Standorte mit sehr verschieden großem Wurzel- und Speicherraum. Aus festem Karbonat Gestein sind diese Böden insbesondere in Südlagen sehr trocken und werden auch für den Weinbau genutzt.

Pararendsina (PR); enthält außer dem Kalk auch eine beträchtliche Menge Silikate, wie dies im Kalksandstein, Buntschotter und dergleichen der Fall ist - es kann auch äolisch feines, silikatisches Material eingebracht sein. Rendsina ist ein polnischer Bauernname, der das Rauschen der vielen Steine am Streichblech des Pfluges beschreibt.

Ranker (RR); leitet sich von Rank (österr. = Berghalde) ab. Er entsteht durch fortschreitende Humusakkumulation aus dem Syrosem (russ. = rohe Erde). Ranker sind in der Regel flachgründig. Er weist einen humosen, oft steinigen A-Horizont auf, der festem, ebenfalls 30 cm tief zerkleinertem, silikatischem, karbonatfreiem bis -armen (< 2%) Festgestein C-Horizont aufliegt. Vor allem nimmt er Hangpositionen ein, wo sich nur sehr selten Frostschüttdecken gehalten haben oder Erosion einer Weiterentwicklung in ein anderes Bodenstadium entgegenwirkt. Da Ranker meist in Hanglagen auftreten, werden sie vorwiegend als extensives Grünland oder forstlich genutzt, wobei sich Bäume oft nur in Schichtfugen klüftigen Gesteins verankern können. Im Süden werden Ranken auch für den Weinbau genutzt.

Braunerden:

Lockersediment-Braunerde (LB); weist einen humosen A-Horizont auf, der in der Regel gleitend in einen braun gefärbten Bv-Horizont übergeht. Darunter folgt in 25 bis oft erst 150 cm Tiefe der C-Horizont. Lockersediment-Braunerden sind meist sauer und besitzen ein stabiles Gefüge. Sie haben sich in höheren Lagen aus magmatischen Gesteinen entwickelt. Vielfach beruht ihre Lockerheit aber auf vulkanischen Tuffen. Der ackerbauliche Wert der Braunerden schwankt in einem weiten Bereich. Die meisten Braunerden werden wegen ihrer Flachgründigkeit oder ihres hohen Steingehaltes forstlich genutzt, doch lassen sie sich bei ausreichender Düngung und Zufuhr von Wasser vielfach auch sehr gut ackerbaulich nutzen.



Abbildung 8: Lockersediment-Braunerde in Ackernutzung

Felsbraunerde (FB); entwickelt sich aus silikatischem oder silikatisch-karbonatischem Gestein. Auch die aus Gesteinsschutt - sofern dieses grobklastische Material dem darunterliegenden festen Gestein entspricht - entstehenden Braunerden werden als Felsbraunerden bezeichnet. Diese Böden enthalten gewöhnlich mehr oder weniger grobe Gemeineteilchen, deren Menge mit der Tiefe zunimmt. Der Verwitterungshorizont (Bv-Horizont) zeigt eine - manchmal sehr intensive - Braunfärbung, die mit zunehmender Tiefe blasser wird. Die Humusform ist meist Mull, seltener Moder. Der Wert dieser Böden hängt von ihrer Gründigkeit, den damit zusammenhängenden Wasserhältnissen, der Bodenart und der vorliegenden Basensättigung ab. Je nach dem Karbonatgehalt des Ausgangsmaterials liegen kalkhaltige oder kalkfreie Subtypen vor, bei Auftreten von Podsolierungstendenzen spricht man von podsoligen Felsbraunerden.

Pseudogleye:

Typischer Pseudogley (TP); grundwasserferner Boden, in dem ein Wechsel von Stauwasser und Austrocknung Konkretionen und Rostflecken vornehmlich im Aggregatinneren entstehen ließ, während die Aggregatoberfläche gebleicht wurde (= Marmorierung). Der Pseudogley gehört zu der Klasse der Stauwasserböden. Er weist redoximorphe Merkmale auf, die aber im Gegensatz zu den Grundwasserböden (z.B.: Gleye) durch gestautes Niederschlagswasser verursacht wurden. Typische Horizontabfolge ist Ah/Al-Sw/Bt-Sd. Unter dem Ah-Horizont folgt ein meist fahlgrauer, konkretionshaltiger oder schwach rostfleckiger, relativ Ton armer Horizont mit häufig plattigem Gefüge (Sw). Die meist schwarzbraunen Konkretionen sind 0,5 bis 50 mm groß und durchsetzen die Bodenmatrix. Die tonreicheren Unterbodenhorizonte (Sd) sind demgegenüber fahlgrau/rostbraun marmoriert (öfters auch gestreift) und verfügen häufig über ein ausgeprägtes Polyeder- oder Prismen Gefüge. Oft bilden der Bt-Horizont und das bereits dichte Ausgangsgestein

gemeinsam den Staukörper, während Ah- und Sw-Horizont als Stauzone bezeichnet werden. Er ist temporär Luft arm, trocknet im Oberboden häufiger stark aus wie benachbarte durchlässige Böden, weil er oben wurzelreicher ist als unten. Die Dauer der Nass-, Feucht- und Trockenphasen bzw. O₂-armen und O₂-reichen Phasen hängt sowohl vom Klima als auch von der Wasserleitfähigkeit des Staukörpers, von der Mächtigkeit der Stauzone und vom Relief ab. Pseudogleye sind vielfach gute Wiesen- und auch Waldstandorte. Ackernutzung ist



Abbildung 9: Typischer Pseudogley in Ackernutzung

wegen anhaltender Frühjahrsvernässung oft erschwert. Röhren- oder Grabendränung schafft wegen starker Bindung des Wassers im Boden häufig keine Abhilfe und ist im Grunde auch nicht erwünscht, weil das abgeführte Wasser in sommerlichen Trockenperioden fehlt. Empfehlenswert ist ein Tiefenlockern, weil hierbei luftführende Grobporen nicht auf Kosten des Wassers geschaffen werden. Schwierigkeiten bereitet hier allerdings das Bewahren der lockeren Lagerung. Die Melioration sollte daher durch den Anbau von Tiefwurzlern ergänzt werden, um eine erneute Verdichtung zu mindern. Vielversprechend ist auch die pfluglose Bewirtschaftung.

Extremer Pseudogley (EP); sehr ähnlich dem Typischen Pseudogley, grundwasserferner Boden, in dem ein Wechsel von Stauwasser und Austrocknung Konkretionen und Rostflecken vornehmlich im Aggregatinneren entstehen ließ, während die Aggregatoberfläche gebleicht wurde (= Marmorierung). Der Extreme Pseudogley gehört ebenfalls zu der Klasse der Stauwasserböden. Die Staunässe reicht beim Typischen Pseudogley nicht bis in die Krume, jedoch beim Extremen Pseudogley liegt die Krume im staunassen Bereich.



Abbildung 10: Extremer Pseudogley in Ackernutzung

Hangpseudogley (HP); eine spezielle Form der Pseudogleye. Wird systematisch in Hanglagen ab circa 8 – 9 % verwendet. Die Sd-Horizonte sind über dem tonigen Ausgangssubstrat oft nur wenige cm mächtig.

Reliktböden:

Reliktböden (T); man versteht unter diesem Begriff 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. Da die Verbreitung der Böden, die zu dieser Typengruppe gehören, relativ gering ist, wird im Folgenden nur auf die wichtigeren Typen der Gruppe eingegangen.

Atypische Böden:

- ✚ **Ortsböden** (Farb-, Textur- und Strukturortsböden)
- ✚ **Gestörte Böden** (Rest-, Kulturroh- und Rigolböden)
- ✚ **Schüttungsböden** (Halden- und Planieböden, sowie Kolluvium und Bodensedimente)
- ✚ **Bodenformkomplexe** (Wechsel von Bodenformen auf kleinstem Raum)

Im Bezirk Leibnitz lassen sich die Bodentypen in den Landschaftsräumen wie folgt diskutieren:
Bodentypen in den einzelnen Landschaftsräumen:

Die Talbereiche:

Unmittelbar entlang der Mur befindet sich eine rezente Au mit Grauen Auböden aus sandigem - teilweise entkalktem - Schwemmmaterial über Schotter. Der größte Teil der Au ist wegen des unruhigen Reliefs (Rinnen, Mulden, Buckel) und der häufigen Überschwemmungen bewaldet. Etwa 1-2 Meter höher liegt die subrezente Au mit in ihrem Entwicklungsstand reiferen entkalkten Braunen Auböden. Sie sind wegen ihrer ausgeglichenen Wasserführung hochwertige Acker- und Grünlandstandorte.

In Rinnen, Mulden und am Rande zur Terrasse sowie zum Hügelland hin entwickelten sich grund- und hangwasserbeeinflusste Gleyböden.

Vielfach entstanden in den Tallagen entlang der Mur und ihrer Zubringer wegen der durch Regulierungsmaßnahmen verursachten Absenkung des Grundwasserspiegels neue Bodentypen (vergleyte Lockersedimentbraunerde, wechselfeuchter Pseudogley).

Die Niederterrassen:

Die Böden dieser Schotterterrasse bestehen aus lehmig-sandigem Feinmaterial. Da das Grundwasser hier nur in Rinnen und Mulden für die Pflanzen erreichbar ist, kommt der Speicherfähigkeit des Bodens erhöhte Bedeutung zu. Der häufigste Bodentyp sind Lockersediment-Braunerden.

Wie im Augebiet steht auch hier der Terrassenrand unter Druck- und Grundwasser-einfluss. Das führte zur Ausbildung von Gleyböden mit auf engstem Raum wechselnden Wasserverhältnissen. Nahe der Ortschaft Lind ist einer solchen vernässten Stelle ein organischer Horizont aufgelagert, so dass von einem Niedermoor gesprochen werden kann.

Die Höheren Terrassen und das Hügelland:

Die Höheren Terrassen liegen hauptsächlich östlich der Mur, sind aber auch am westlichen Ufer und an den Seitenbächen als kleinere Flächen zu finden. Charakteristisch ist eine mächtige lehmig-schluffige Feinsedimentdecke, die einem Schotterkörper auflagert. Der kennzeichnende Bodentyp der ebenen Lagen ist ein Typischer Pseudogley.

Auf den großen ebenen Flächen der Helfbrunner-Terrasse zwischen Gabersdorf und St. Veit am Vogau, sowie zwischen Jöb und Stangersdorf, ist als Sonderfall eine silikatische Lockersediment-Braunerde mit optimaler Wasserversorgung zu finden, welche zu den besten Böden des Bundeslandes zählt.

Die älteren Terrassen (Schweinbachwald- und Rosenberg-Terrasse) sind stark in Riedel, Hänge und Dellen zerschnitten und weisen oft einen engräumigen Wechsel an Bodenformen auf. An den Abhängen der Terrassen tritt öfters das unterlagernde Tertiärmaterial zu Tage.

Auch das Tertiär-Hügelland weist eine wegen der starken Oberflächenausformung und dem häufigen Substratwechsel große Anzahl an Bodenformen auf.

Die Bodenformen auf Spielfelder Schlier sind durch extreme Bodenschwere und geringe Profilentwicklung charakterisiert. Auf Rücken, Riedeln und Oberhängen entstand auf dem unverwitterten Tonmergel ein Pararendsina, welcher stark der Abschwemmung unterliegt oder Kulturrohböden.

Die Steilhänge sind - und das ist ein Charakteristikum des Steirischen Hügellandes - zu einem großen Teil Rutschgelände. Unverrutschte Steilhänge in Süd- und Westexposition werden gerne als Weingärten genutzt. Der Bodentyp ist dann ein Rigolboden.

Der Sausalstock besteht aus kristallinem Schiefer. Hier dominieren silikatische Felsbraunerden.

Auf den Schiefergesteinen des Gebietes Remschnigg-Poßruck finden wir Felsbraunerden und auf den Rücken, Kuppen und Riedeln einen trockenen Ranker.

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

Bodentypen	ha	%	Standorte im Bodenschutzprogramm	
			Bezeichnung	Anzahl
Moorböden (Niedermoor)	20	0,05	---	---
Aubodengruppe	4.021	10,35	LEI 3+4, LBA 8, LBX 2+9	5
Gleygruppe	3.728	9,60	LBA 2+7	2
Rendsinen + Ranker	1.166	3,00	LEI 2	1
Braunerdegruppe	20.731	53,37	alle übrigen Standorte	25
Pseudogleygruppe	2.631	6,77	LEI 6+8, LBA 5,9+10, LBB 2, LBC 5+8, VFC 1, LBX 4,6,7,8+11	14
Reliktbodengruppe	260	0,67	---	---
Atypische Böden	6.288	16,19	LEI 9, LBA 1+4, LBB 9, LBC 4,6+9, VFA 1-3, LBX 10	11
Summe:	38.845	100,00		58

Die von der Bodenkartierung bearbeitete Fläche von 38.845 ha entspricht der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Bezirkes zum Zeitpunkt der bodenkundlichen Erfassung.

Vom Bodenschutzprogramm nicht erfasst wurden Vertreter der Moor- und Reliktbodengruppe, da sie nur 0,72 % der Böden in der Untersuchungsregion ausmachen.

7. Ergebnisse der Bodenzustandsinventur

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes aller 1.000 Untersuchungsstandorte wurden den betreffenden Grundstückseigentümern bzw. Pächtern schriftlich mitgeteilt.

Die Diskussion bzw. Präsentation der Untersuchungsergebnisse in der Öffentlichkeit wurde durch den jährlich erscheinenden Bodenschutzbericht gewährleistet, der auch im Internet als pdf-File aufgerufen werden kann.

Die Internet - Adresse zu allen Untersuchungsdaten lautet:

www.bodenschutz.steiermark.at

Die Abfrage von Untersuchungsergebnissen erfolgt folgendermaßen:

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

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

7.1 Allgemeines

Die Untersuchung der Parameter wird gemäß der Bodenschutzprogrammverordnung durchgeführt, wobei die Analyse der chlorierten und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe prinzipiell nur im Oberboden erfolgt und der jeweilige Unterboden nur bei Auffälligkeiten im Gehalt der Krümme kontrolliert wird. Triazin Herbizid-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, lufttrockenen Feinboden. Nur bei der Untersuchung auf Triazin Rückstände 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 Probenahme.

Genauigkeit der Messergebnisse:

Das Grundproblem beim Vergleich von Analysendaten sind unvermeidbare Fehlerquellen, die sich aus vielen Komponenten zusammensetzen und letztendlich zu einem kombinierten Fehler addieren. Er wurde bei den Auswertungen des Bodenschutzprogrammes als **Vertrauensbereich VB** quantifiziert. Seine Berechnung erfolgte aus der Ausreißer-korrigierten zweifachen Standardabweichung der Analysenergebnisse aus Erst- und Wiederholungsuntersuchung der Oberböden der Untersuchungsstandorte.

Die Angabe der Untersuchungsergebnisse ist daher folgendermaßen zu verstehen:

Messwert \pm Analysenfehler

Prinzipiell unterscheidet man Fehler bei der Probennahme und messtechnische Fehler bei der Laboranalyse (Details siehe Bodenschutzbericht 1998, Seiten 26 ff). Erstere sind im Wesentlichen auf die örtliche und zeitliche Variabilität der Untersuchungsparameter zurückzuführen, wobei der Fehler durch die örtliche Inhomogenität des Bodens mehr Einfluss hat (siehe Bodenschutzbericht 2000, Seiten 56 ff). Der Beitrag des Analysenfehlers bei der Messung im Labor ist meist deutlich geringer als der Probennahmefehler. Zudem konnte er im Laufe der Jahre durch verbesserte Analysemethoden und strengere Messkriterien im Zuge der Laborakkreditierung weiter minimiert werden.

Es muss erwähnt werden, dass der Vertrauensbereich eines Untersuchungsparameters keine fixe Größe ist, sondern konzentrationsabhängig. Diesem Problem wurde Rechnung getragen indem seine jeweilige Größe über folgende Geradengleichungen abgeschätzt wurde:

$$VB = \text{Gehalt} * k + d$$

Parameter	k	d
Humus (%)	0,0675	0,0598
pH-Wert (CaCl ₂)	0,0021	0,1103
P-CAL (mg P ₂ O ₅ / 100 g)	0,1387	0,7380
K-CAL (mg K ₂ O / 100 g)	0,1576	0,4628
KW-Cu (mg/kg)	0,0718	-0,0616
KW-Zn (mg/kg)	0,0484	1,2718
KW-Pb (mg/kg)	0,1012	-0,7481
KW-Cr (mg/kg)	0,0473	1,0423
KW-Ni (mg/kg)	0,0520	0,2967
KW-Co (mg/kg)	0,0431	0,2816
KW-Mo (mg/kg)	0,0402	0,0277
KW-Cd (mg/kg)	0,0813	0,0052
KW-Hg (mg/kg)	0,0885	0,0094
KW-As (mg/kg)	0,0588	0,1705
PAH-Summe (µg/kg)	0,2553	-3,5554

Die nachstehende Tabelle ist eine Zusammenfassung der Schätzwerte für den Vertrauensbereich am Mediangehalt steirischer Böden.

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 $\pm 20 \mu\text{g/kg}$.

Durchschnittsgehalte im Oberboden und deren Vertrauensbereiche (VB):

Parameter	Einheit	Mediangehalte (Steiermark)	Vertrauensbereich (geschätzt)
Humus	%	6,15	0,95
pH-Wert	---	5,43	0,24
P2O5	mg/100g	6,00	3,14
K2O	mg/100g	16,00	5,97
CaCO ₃	%	3,50	1,78
CaKat	mg/100g	242,50	37,88
MgKat	mg/100g	24,00	5,46
KKat	mg/100g	12,00	5,37
NaKat	mg/100g	1,20	0,50
Mg	mg/100g	17,00	3,45
Bor	mg/kg	0,38	0,30
EDTA-Cu	mg/kg	5,30	1,01
EDTA-Zn	mg/kg	7,45	2,43
EDTA-Mn	mg/kg	299,50	56,36
EDTA-Fe	mg/kg	538,25	128,81
Fluor	mg/kg	0,49	0,15
Cu	mg/kg	25,13	3,49
Zn	mg/kg	94,95	11,73
Pb	mg/kg	27,44	4,06
Cr	mg/kg	39,93	5,86
Ni	mg/kg	26,35	3,33
Co	mg/kg	12,70	1,66
Mo	mg/kg	0,89	0,13
Cd	mg/kg	0,28	0,06
Hg	mg/kg	0,13	0,04
As	mg/kg	11,55	1,70
PAH-Summe	µg/kg	65,00	26,08

Einschränkung der Ergebnisse:

Alle Ergebnisinterpretationen basieren auf dem aktuellen Wissens- und Untersuchungsstand und können sich daher im Zuge neuer Erkenntnisse und weiterer Untersuchungen ändern. Wie bei allen statistischen Auswertungsmodellen steigt die Aussagekraft mit der Anzahl weiteren Messdaten an.

Der für die Auswertung herangezogene Vertrauensbereich VB ist nur eine berechnete statistische Größe (Ausreißer bereinigter Median der Standardabweichungen aus Erst- und Wiederholungsuntersuchung im Folgejahr) und führt beim Großteil der Böden zu richtigen Schlüssen. In Böden mit großer inhomogener Verteilung der untersuchten Parameter oder Extremwerten versagt er (Trend wird nicht erkannt oder ist falsch positiv).

7.2 Allgemeine Bodenparameter und Nährstoffe

Zum Aufbau organischer Substanzen benötigen alle Pflanzen Kohlenstoff und Sauerstoff aus dem CO₂ und O₂ der Atmosphäre und Bodenluft, Wasserstoff aus dem Bodenwasser sowie 14...16 weitere unentbehrliche Elemente und eine Reihe nützlicher Elemente aus dem Nährstoffvorrat der Böden. Die essenziellen Elemente, ohne denen Pflanzenwuchs nicht möglich ist, werden als mineralische Nährelemente oder auch Mineralstoffe bezeichnet, da sie aus dem Mineralbestand der Böden stammen.

Nach den von den Pflanzen benötigten Elementmengen wird meist zwischen Makro- und Mikronährelementen bzw. Haupt- und Spurennährelementen unterschieden. Nützliche Elemente fördern Wachstum und Resistenz der Pflanze. Einige können auch einen Teil der unspezifischen Funktionen von Elementen übernehmen. Für bestimmte Pflanzenarten sind einige Elemente dieser Gruppe auch essenziell wie z. B. Si (für Reis, Schachtelhalmgewächse) und Na (für C₄-Pflanzen wie Mais oder Hirse, Dickblattgewächse).

Makronährstoffe	N, K, Ca, Mg, P, S, (Si)
Mikronährstoffe	Cl, Fe, Mn, B, Zn, Cu, Ni, Mo, (Na)
Nützliche Elemente	Si, Na, Al, Co und weitere

Die von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommenen Nährelemente liegen im Boden in einer bestimmten Form vor, z. B. Stickstoff als NO₃⁻- und NH₄⁺- Ionen, Phosphor als H₂PO₄⁻- und HPO₄²⁻- Ionen oder Kalium als K⁺- Ionen. Die für die Wurzeln aufnehmbaren chemischen Formen der Nährelemente werden als Nährstoffe bezeichnet.

Eine dem Pflanzenbedarf angepasste Düngung hat in den letzten Jahrzehnten wesentlich zu einer Steigerung der Erträge beigetragen. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass nicht nur ein zu geringer, sondern bei einigen Nährstoffen auch ein zu hoher Gehalt die Pflanzenqualität und Ernteerträge ungünstig beeinflussen kann. Außerdem können dadurch erhöhte Austräge vor allem von N und P aus den Böden bedingt sein, die einerseits zu einer Belastung des Grundwassers sowie zur Eutrophierung von Oberflächengewässern und andererseits zu einer erhöhten Abgabe umweltbelastender und klimarelevanter Stickstoffgase (z. B. NH₃, N₂O) an die Atmosphäre führen kann. Genaue Kontrollen des Nährstoffhaushaltes der Böden sind deshalb erforderlich.

Zur Beurteilung der Untersuchungsergebnisse werden in erster Linie die " Richtlinien für die sachgerechte Düngung" in den Ausarbeitungen für Ackerbau, Grünland und Gemüsebau in der jeweiligen aktuellen Auflage des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus herangezogen.

7.2.1 Sand, Schluff & Ton

Die Bestimmung dieser drei Korngrößenfraktionen erfolgt laut Bodenschutzprogramm-Verordnung nur im ersten Jahr der Beprobung 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 günstig ist, andererseits aber die Bearbeitbarkeit erschwert. Umgekehrtes gilt für Böden mit einem hohen Sandanteil, sodass Schluff- und Lehmböden mittleren Tongehaltes bei gutem Gefüge die günstigste Konstellation chemischer und physikalischer Eigenschaften darstellen.

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

Die Bestimmung der Korngrößen erfolgt nach ÖNORM L1061-2.

Untersuchungsergebnisse:

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

Bodenschwere	Anzahl Standorte		
	„schwer“	„mittel“	„leicht“
Grünland	4	5	9
Acker	2	8	21
Sonderkultur	2	4	3
Alle Standorte in LB in %	14 %	29 %	57 %
Steiermark - Raster in %	15 %	49 %	36 %

➔ Im Vergleich zu den landesweiten Erhebungen wurden im Bezirk Leibnitz deutlich mehr leichte und weniger mittelschwere Böden erfasst. Der Anteil an schweren Böden (LEI 8, LBA 3, 6 + 7, LBC 4, LBX 11, 13 + 15) ist etwa gleich. Acht Standorte (LEI 4, 5 + 6, LBC 8, LBX 6, 7, 8 + 14) sind sogenannte "Schluffböden" mit mehr als 75 % Schluff Anteil. Es sind bis auf eine Ausnahme (LEI 5) leichte Böden, welche bis auf den Grünlandstandort LEI 4 ackerbaulich genutzt werden.

7.2.2 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 und Fruchtbarkeit der steirischen Böden ist immer wieder die Befürchtung einer zunehmenden Bodenversauerung in den letzten Jahrzehnten aufgeflammt. 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.

Für den Bezirk Leibnitz kann seit den 1980er Jahren kein wirklicher Trend erkannt werden. Die pH-Werte der landwirtschaftlich genutzten Böden befinden sich in letzter Zeit über dem steirischen Schnitt von 5,43, es ist allerdings doch zu beobachten, dass die Werte in den letzten 20 Jahren nach unten gegangen sind. Dies kann aber auch damit erklärt werden, dass leider die produktiven Ackerböden mit höheren pH-Wert in den letzten Jahrzehnten der Bautätigkeit zum Opfer gefallen sind und somit nicht mehr in Produktion stehen.

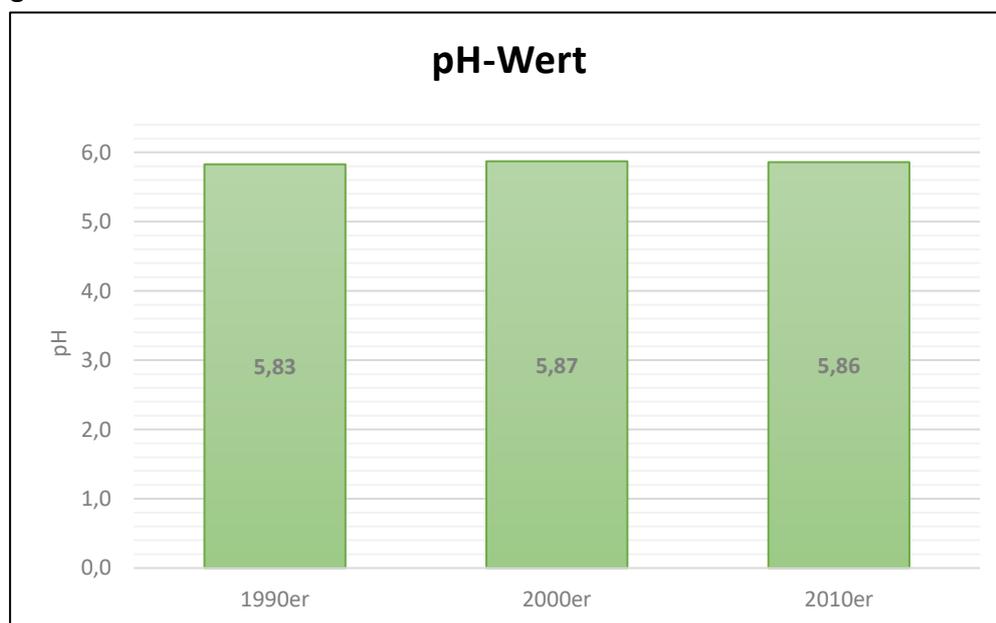


Abbildung 11: durchschnittliche pH-Wert Entwicklung der letzten Jahrzehnte im Bezirk Leibnitz

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

Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgt nach EN 15933 durch Messung der Wasserstoffionenaktivität einer Suspension von Boden in einer CaCl₂ - Lösung.

7.2.3 Kalk (CaCO_3)

Allgemeines:

Etwa 90 % der untersuchten steirischen Böden weisen einen Kalkgehalt von 0-0,5 % auf - sind also weitestgehend Kalk frei. 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 entgegnen ist die Verhinderung von Umwelteinflüssen zwar ein wichtiges Ziel, sie ist aber letztlich nur eine Einflussgröße von vielen.

Für eine effiziente Bodenverbesserung ist es notwendig dem Boden den fehlenden Kalk im Zuge der landwirtschaftlichen Bearbeitung zuzuführen. Bei Böden deren pH-Wert 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
< 1	gering
1 - 5	mittel
> 5	hoch

Bemerkung: Im Bodenschutzbericht 2000 wurde angemerkt, dass eine Einteilung des Kalkgehaltes in drei Klassen ausreichend sein würde, dies wurde mittlerweile auch umgesetzt und somit erfolgt nur noch eine graphische Darstellung wie oben ersichtlich.

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

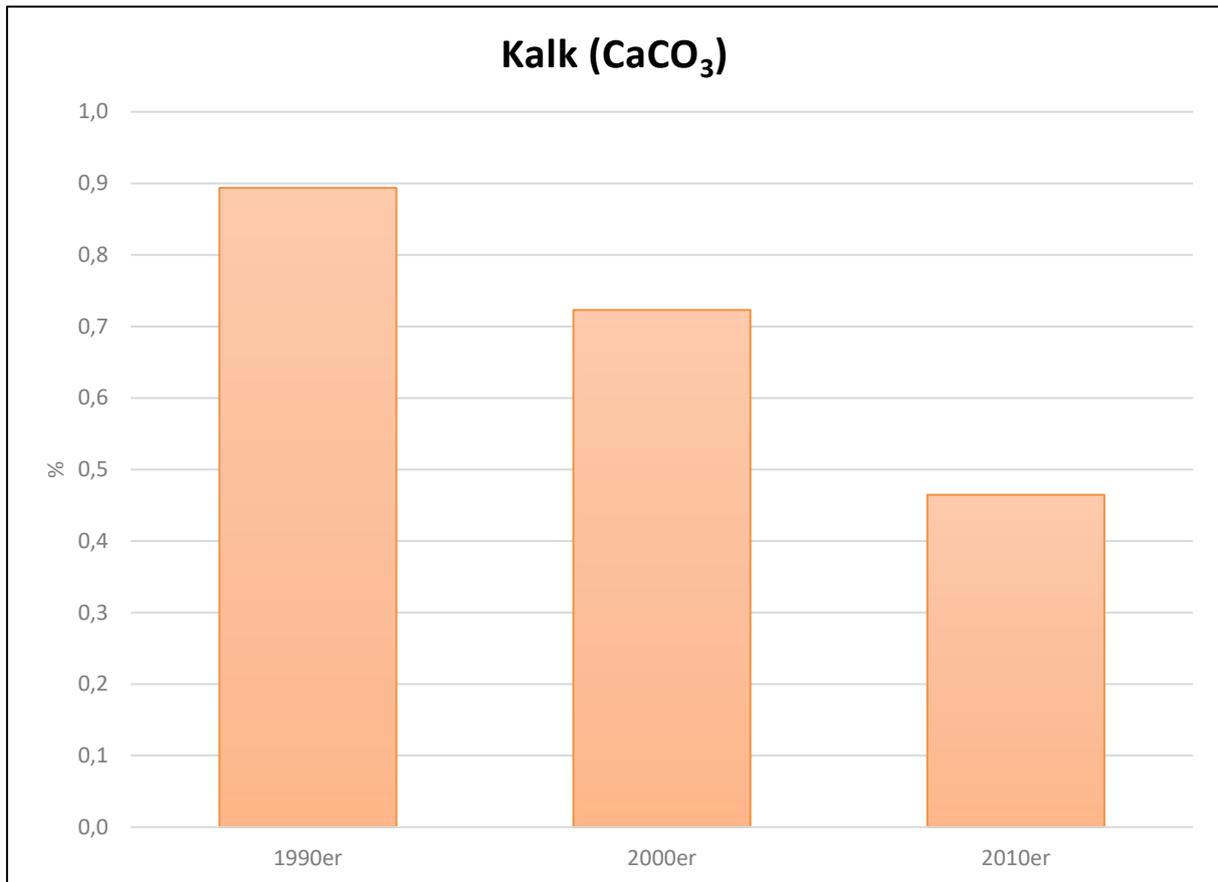


Abbildung 12: Entwicklung des mittleren Kalkgehaltes der Böden im Bezirk Leibnitz

Betrachtet man die Entwicklung des Kalkgehaltes aus der oben angeführten Abbildung 12, so kann aus der Grafik eine Abnahme des Gehaltes an Kalk festgestellt werden. War der Gehalt in den 1990er Jahren noch in die Bewertungsklasse mittel einzustufen, so ist der Gehalt in den 2010er Jahren auf die Bewertungsklasse niedrig zurückgegangen. Nun aber eine generelle Kalkverarmung der Standorte im Bezirk Leibnitz daraus abzulesen, wäre die falsche Schlussfolgerung und ist auch statistisch nicht haltbar. Hier spielt wieder der Flächenverlust an landwirtschaftlichen Böden mit hinein. So wurden eben seit den 1990er Jahren im Bezirk die tiefgründigen, flachen Ackerböden, auf Grund ihrer Nähe zur Autobahn verbaut und es blieben nur noch, nicht mehr so ertragreiche Standorte über. Diese weisen auf Grund ihrer Beschaffenheit (Pufferkapazität, Korngrößenverteilung, usw.) generell einen niedrigeren Kalkgehalt auf und sind für die intensivere ackerbauliche Nutzung weniger interessant (Expositur, Flächenstruktur, usw.). Somit ist die Abnahme mehr auf den Verlust der Fläche zurückzuführen, denn auf mangelnde agronomische Kenntnisse der Landwirte.

7.2.4 Phosphor (P) / Phosphat (P₂O₅)

Allgemeines:

Der natürliche Gesamtgehalt der Böden an Phosphor beträgt laut Scheffer / Schachtschabel (1984) 0,02 - 0,08 % Phosphor, was umgerechnet etwa 46 - 183 mg P₂O₅ pro 100 g Boden entspricht. Der Großteil des Phosphors ist in mineralischen Phosphaten gebunden, weiter 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 P /1000g):

		Ackerland	Grünland
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung		
A	sehr niedrig	unter 26	unter 26
B	niedrig	26 – 46	26 – 46
C	ausreichend	47 – 111	47 – 68
D	hoch	112 – 174	69 – 174
E	sehr hoch	über 174	über 174

Die Bestimmung des Phosphatgehaltes erfolgt in Böden nach ÖNORM L1087 (CAL-Methode) & ISO 6878.

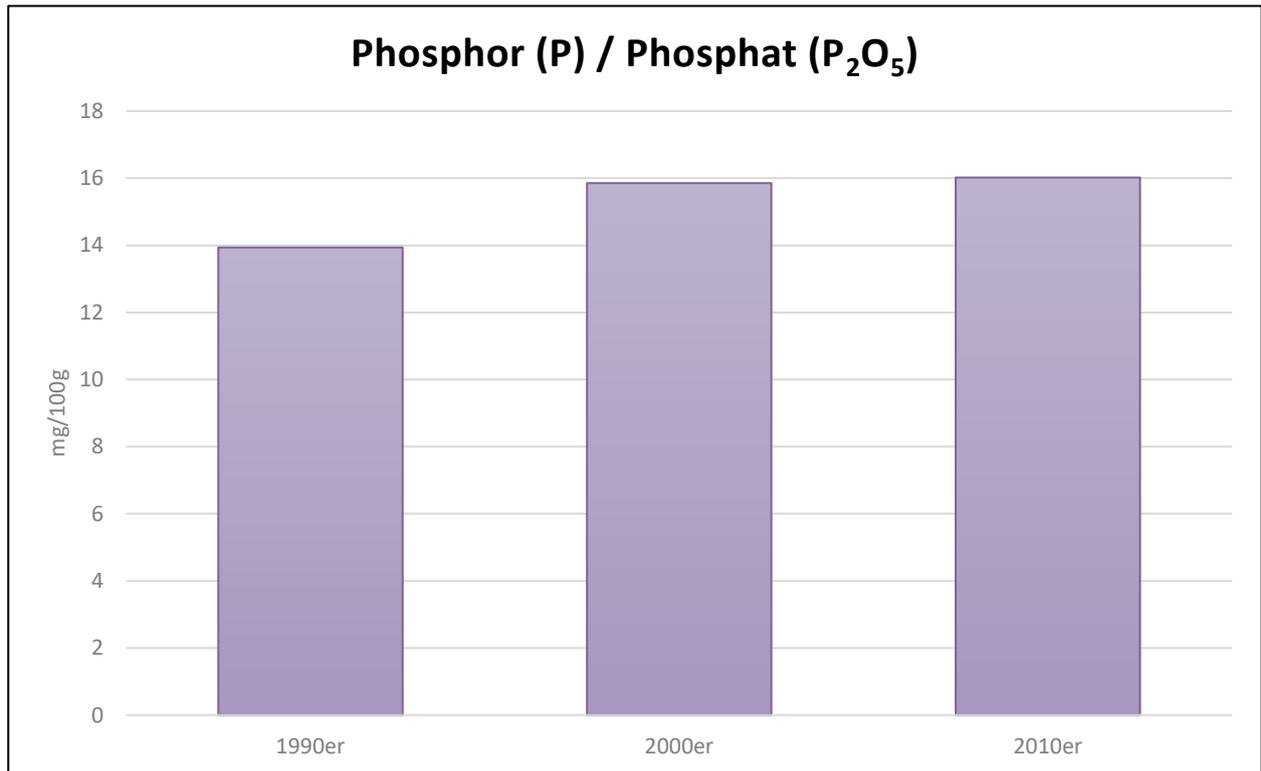


Abbildung 13: Entwicklung der Mittelwerte der Phosphor-Gehalte im Bezirk Leibnitz

In der Abbildung 13 ist zu sehen, dass es einen Trend zur Erhöhung der Phosphor Gehalte im Bezirk Leibnitz gibt, der sich aber in Anbetracht der Zahlen auf einem sehr geringen Niveau abspielt und somit statistisch nicht signifikant darstellbar ist. Generell ist die Versorgung mit Phosphor der Pflanzen im Bezirk über die letzten Jahrzehnte immer ausreichend gewesen. Die Anhebung der Durchschnittswerte ist aber mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die verbesserte Düngplanung der Landwirte in Abhängigkeit von verschiedenen Programmen zur Bodenfruchtbarkeit zurückzuführen.

7.2.5 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/1000g):

		Ackerland			Grünland
		Bodenschwere/Tongehalt [%]			
Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	leicht < 15	mittel 15 - 25	Schwer > 25	
A	sehr niedrig	unter 50	unter 66	unter 83	unter 50
B	niedrig	50 – 87	66 – 112	83 – 137	50 – 87
C	ausreichend	88 – 178	113 – 212	138 – 245	88 – 170
D	hoch	179 – 291	213 – 332	246 – 374	171 – 332
E	sehr hoch	über 291	über 332	über 374	über 332

Die Bestimmung des Kaliumgehaltes erfolgt in Böden nach ÖNORM L1087 (CAL-Methode) & DIN 38406-13.

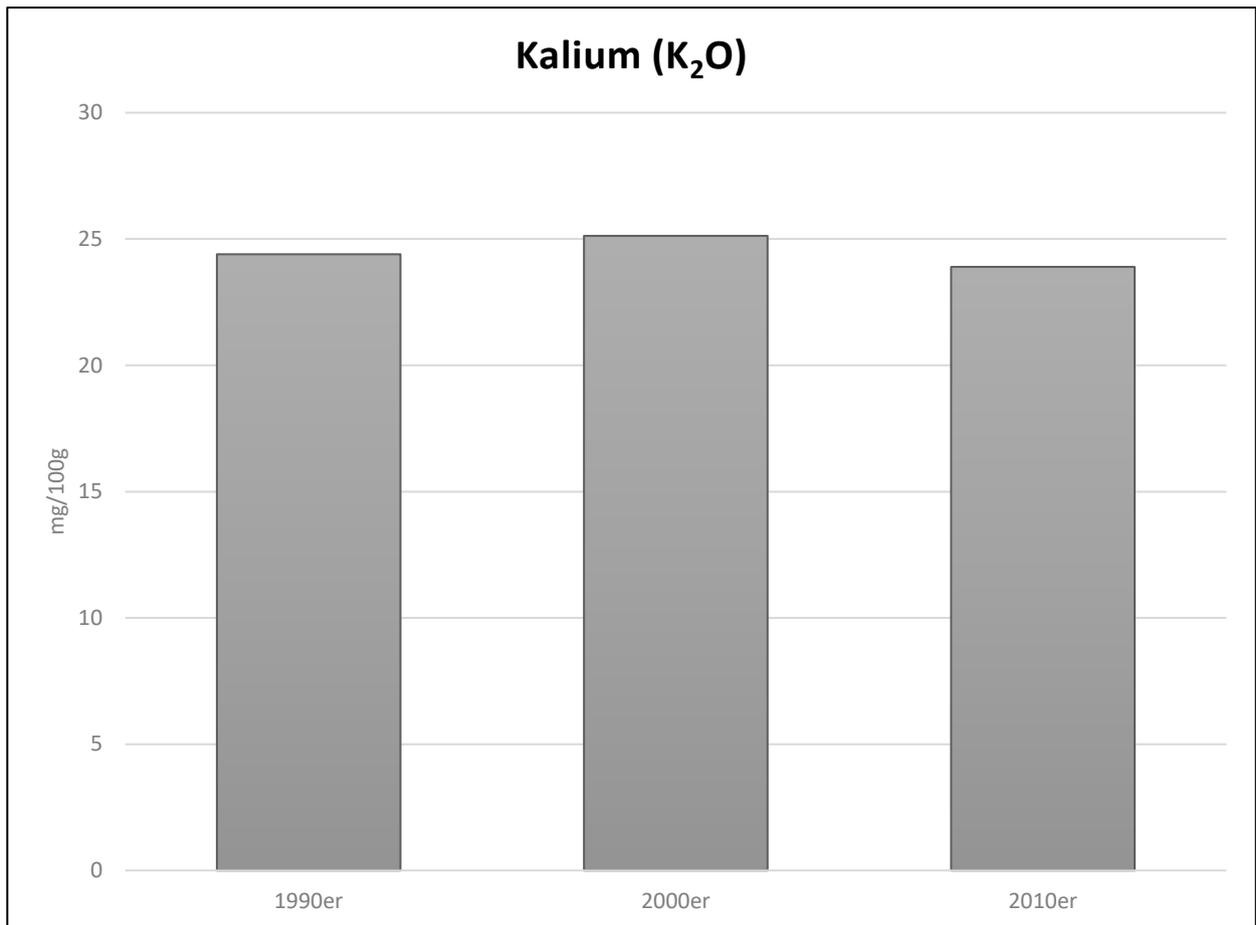


Abbildung 14: Entwicklung der mittleren Kalium Versorgung im Bezirk Leibnitz

Um die Entwicklung des Kaliums im Boden über die letzten Jahrzehnte abzubilden, wurde versucht in der Abbildung 14 eine halbwegs brauchbare Übersicht zu geben. Werden die Kaliumgehalte nun in Relation zu den Tongehalten gesetzt, wäre keine Aussage mehr möglich, da für eine statistische Auswertung zu wenige Daten vorhanden wären. Deshalb wurden für die Grafik die absoluten Kalium Gehalte (mg/100g) im Boden herangezogen. Festzuhalten ist, dass die Kalium Gehalte im Bezirk Leibnitz starken Schwankungen unterliegen und auch kein Trend zu einer Verarmung festgestellt werden kann, da hier von Milligramm im Boden geredet wird. Im Anbetracht, dass im Bezirk Leibnitz aber vorwiegend leichte Böden vorhanden sind, muss festgehalten werden, dass die Kalium Gehalte immer noch hoch sind.

7.2.6 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 für die Pflanzen auf die 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/1000g):

Gehaltsklasse	Nährstoffversorgung	Bodenschwere/Tongehalt [%]		
		leicht < 15	mittel 15 – 25	schwer > 25
A	sehr niedrig	-	unter 30	unter 40
B	niedrig	unter 50	30 – 55	40 – 75
C	ausreichend	50 – 75	56 – 105	76 – 135
D	hoch	76 – 150	106 – 190	136 – 220
E	sehr hoch	über 150	über 190	über 220

Die Bestimmung des Magnesiumgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1093 (Methode nach Schachtschabel) & ISO 7980.

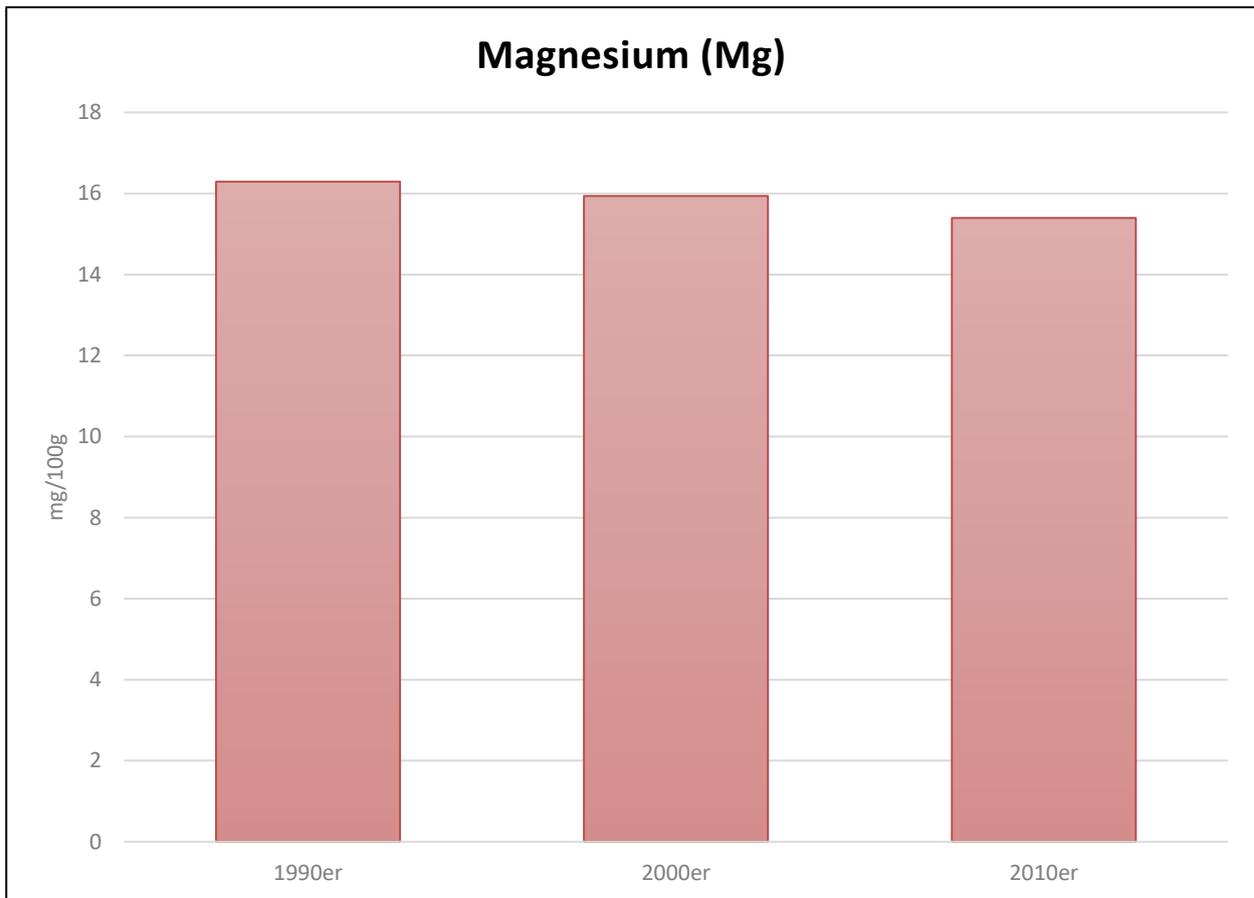


Abbildung 15: mittlere Magnesium Werte und deren Entwicklung im Bezirk Leibnitz

Wiederum wie bei Kalium wird in der Abbildung auf eine weitere Unterteilung in die Ton Gehaltsklasse aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Beim Magnesium kann aber beobachtet werden, dass die hohen Werte zwar rückläufig sind, aber immer noch auf einem hohen Niveau sind. Eine statistische Absicherung der Werte ist wiederum auf Grund der Vertrauensbereiche auch hier nicht möglich, auch wenn die Werte auf einem sehr hohen Niveau sind. Würde die vorherrschende Bodenschwere auch noch mitberücksichtigt, wäre eine statistische Auswertung noch schwieriger. Der geringe Rückgang kann damit erklärt werden, dass eine Überversorgung mit nicht mehr pflanzenverfügbarem Magnesium verhindert werden soll und ist wiederum auf die besseren agronomischen Kenntnisse der Landwirte zurückzuführen und die Förderprogramme in denen eine Bodenuntersuchung vorgeschrieben wird. Somit wird einer Anreicherung im Boden vorgebeugt mit dem Nebeneffekt der finanziellen Einsparungen für Düngemitteln bei den Landwirten.

7.2.7 Bor (B)

Allgemeines:

Das Nichtmetall Bor ist ein für die Pflanzenernährung essenzieller 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 zu hoher Borkonzentration und folglich 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 Bor Überschuss ist an Nekrose Flecken 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):

Gehaltsklassen	Bodenschwere	
	leicht	mittel, schwer
niedrig	unter 0,2	unter 0,3
mittel	um 0,6	um 0,8
hoch	über 2,0	über 2,5

Die Bestimmung des Borgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1090 (Acetatextraktion nach Baron) & EN 16170.

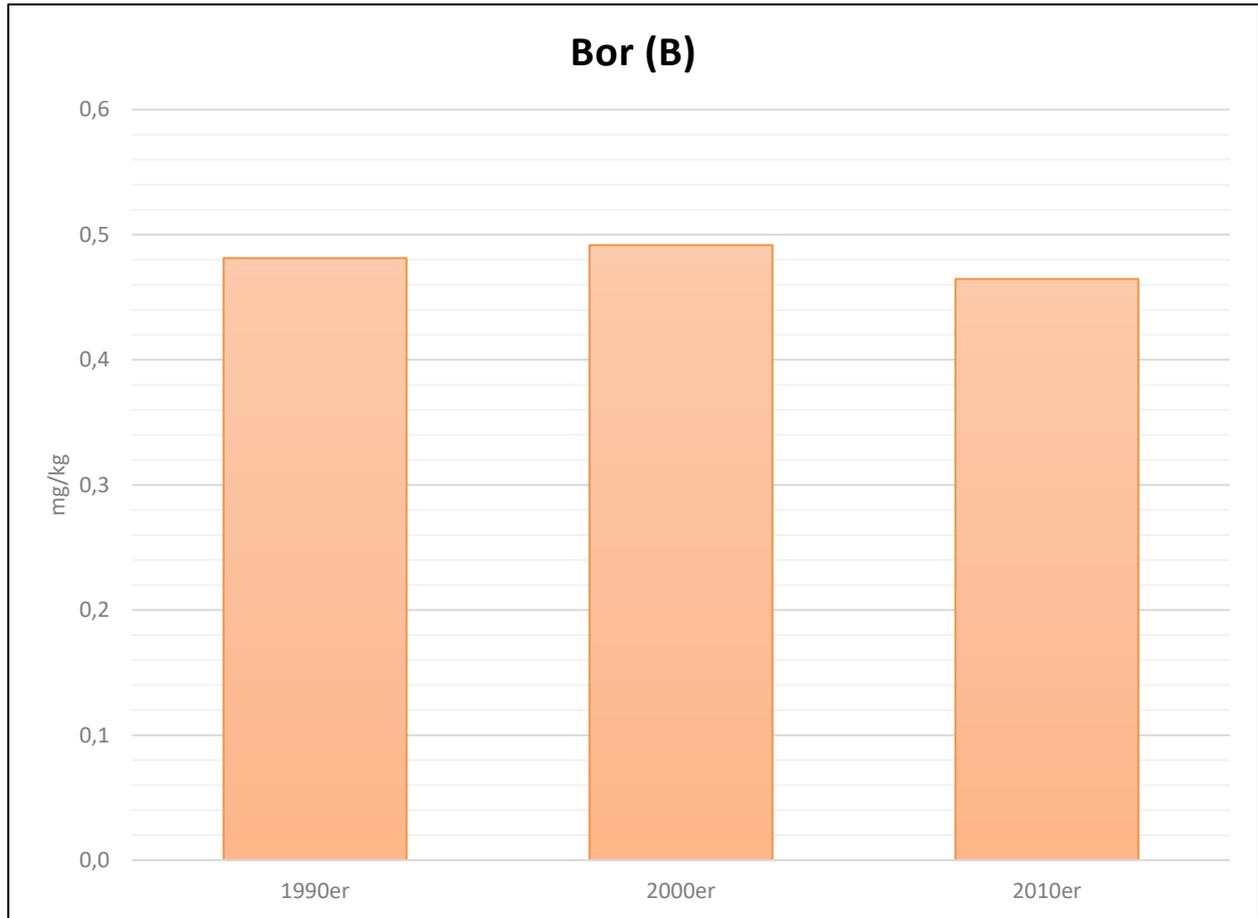


Abbildung 16: Entwicklung der mittleren Bor Versorgung im Bezirk Leibnitz

Wie in Abbildung 16 zu sehen ist, ist die Bor Verfügbarkeit über die Jahre fast gleichgeblieben. Die Unterschiede sind statistisch nicht mehr abzusichern, so dass von einer mittleren Borversorgung im Bezirk ausgegangen werden muss. Ein Trend ist zwar grafisch darstellbar aber nicht signifikant nachweisbar.

7.2.8 Die EDTA-extrahierbaren Spurenelemente Kupfer (Cu), Zink (Zn), Mangan (Mn) & Eisen (Fe)

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 Konzentration 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:

Gehaltsklassen	Kupfer (EDTA-Cu)	Zink (EDTA-Zn)	Mangan (EDTA-Mn)	Eisen (EDTA-Fe)
A	unter 2	unter 2	unter 20	unter 20
C	um 8	um 8	um 70	um 100
E	über 20	über 20	über 200	über 300

Die Bestimmung erfolgt nach ÖNORM L1089 (EDTA-Extraktion) & EN 16170.

Die Kupfer-Konzentration in der Bodenlösung ist abhängig vom pH-Wert und den zur Verfügung stehenden Komplexbildnern wie organische Substanz, Mangan- und Eisen-Oxide. Kupfer nimmt hauptsächlich als Bestandteil verschiedener Enzyme positiven Einfluss auf den pflanzlichen Stoffwechsel. Zum Beispiel steuert Kupfer den Transport von Elektronen der Photosynthese. Bei Kupfermangel rollen sich die Blätter zwirnsfadenartig zusammen, welken und sterben schließlich ab.

Kupfer ist bei niedrigen pH-Werten besser pflanzenverfügbar. Der Kupfergehalt unbelasteter Böden liegt zwischen 2 und 40 mg Cu/kg Boden. Im Boden wird Kupfer hauptsächlich an die organische Substanz sowie an Mn- und Fe-Oxide gebunden. Es wird aber auch in die Gitter der Silikate eingebaut. Des Weiteren kann es als Hydroxid, Carbonat oder Phosphat ausgefällt werden. Die Cu-Konzentration der Bodenlösung ist abhängig vom pH-Wert und der zur Verfügung stehenden Komplexbildner. Im Allgemeinen nimmt der Anteil am austauschbaren Kupfer mit sinkendem pH-Wert zu.

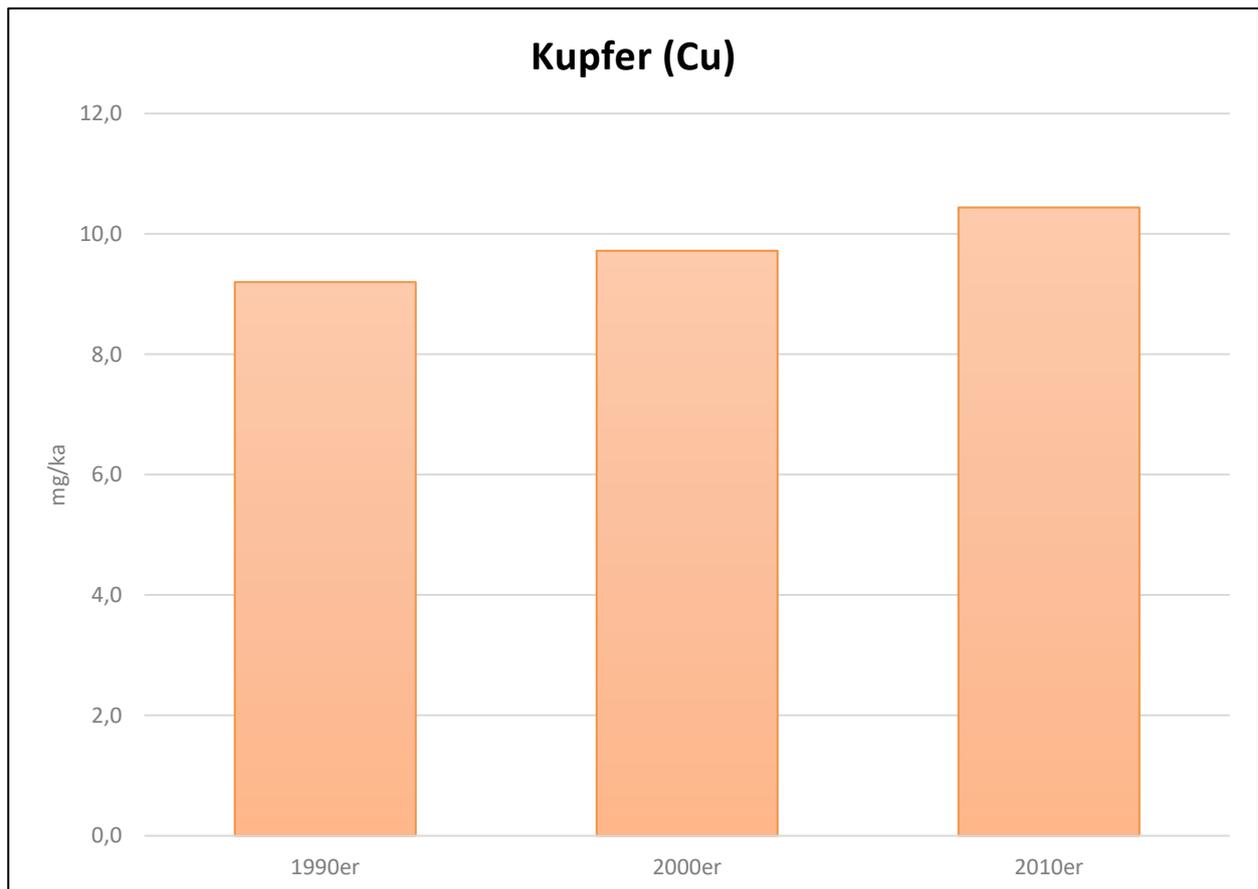


Abbildung 17: Entwicklung der mittleren Kupfer Versorgung im Bezirk Leibnitz

In Abbildung 17 ist zu sehen, dass sich die Versorgung mit dem Spurenelement Kupfer in den letzten Jahrzehnten zunehmend verbessert hat und auch nicht über das optimale Ziel hinausgeschossen ist. Dies kann auf den gezielten Einsatz als Dünger oder auch als Pflanzenschutzmittel zurückzuführen sein, eine statistische Absicherung kann aber nicht getroffen werden.

Die Verfügbarkeit von Zink im Boden wird stark durch den pH-Wert beeinflusst. Der Gehalt an austauschbarem Zink nimmt mit steigenden pH-Wert ab und ist bei pH 6 bereits sehr gering. Zink aktiviert bzw. ist Bestandteil verschiedener Enzyme und beeinflusst hierüber verschiedenste Stoffwechselprozesse in der Pflanze. Zum Beispiel nimmt es als essentieller Bestandteil der RNA-Polymerase Einfluss auf die RNA- und Proteinbildung. Bei Zinkmangel bleibt die ganze Pflanze im Wachstum zurück und man spricht von "Zwergenwuchs". Zink ist bei niedrigem pH-Wert besser pflanzenverfügbar. Der Zinkgehalt unbelasteter Böden liegt zwischen 10 und 80 mg/kg. Dabei ist

der Zinkgehalt auf Sandböden niedriger als auf Lößböden. Das in der Bodenlösung frei vorkommende Zink wird vor allem an die organische Substanz des Bodens gebunden. Es wird weiterhin von Eisen-, Mangan- und Aluminiumoxiden adsorbiert oder in die Gitter der Tonminerale und Silikate fest eingebunden. Eine zusätzliche Zinkfestlegung erfolgt, wenn höhere Gehalte an Sulfaten und Phosphaten in der Bodenlösung vorkommen. Die Zinkverfügbarkeit wird stark beeinflusst durch den pH-Wert und dem Gesamt-Zink-Gehalt der Böden. Der Gehalt an austauschbarem Zink nimmt mit steigenden pH-Wert ab und ist bei pH 6 bereits sehr gering. Mit weiter steigendem pH-Wert nimmt die Zink-Affinität gegenüber Mangan- und Eisenoxiden stark zu. Unter anaeroben Bedingungen kann das schwer lösliche Zinksulfid ausgefällt werden. Dadurch wird Zink der pflanzlichen Ernährung entzogen. Zinkverlagerungen mit dem Sickerwasser sind nur auf sauren Böden von Bedeutung.

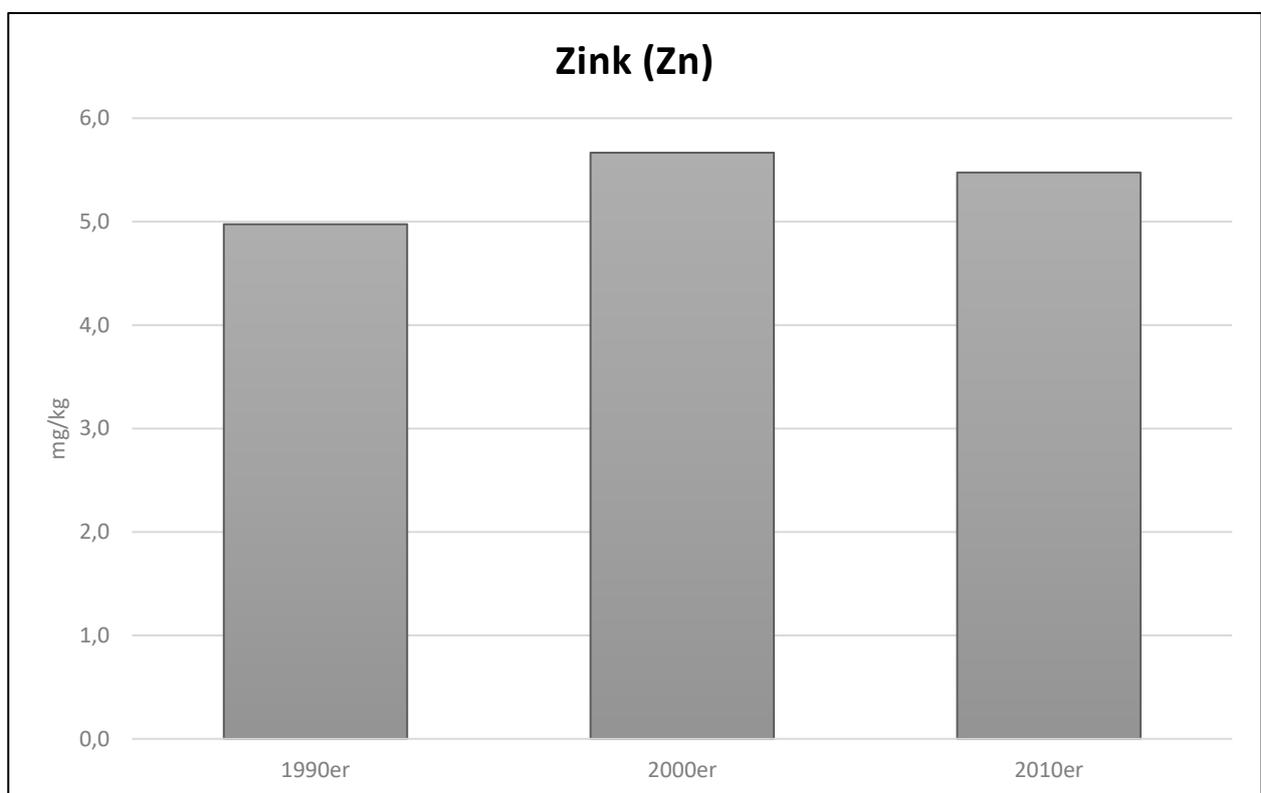


Abbildung 18: Entwicklung der mittleren Zink Versorgung im Bezirk Leibnitz

In Abbildung 18 ist der Verlauf der Zink Versorgung im Bezirk Leibnitz abgebildet. Hier sind die Schwankungen wiederum so gering, dass keine gesicherte Aussage über einen Trend gemacht werden kann. Was allerdings aus den Daten abzulesen ist, dass im Bezirk die Zink Versorgung doch etwas unter dem Mittel von 8 mg/kg ist.

Mangan aktiviert zahlreiche Enzyme bzw. ist Bestandteil dieser und beeinflusst hierüber den pflanzlichen Stoffwechsel. Es nimmt Einfluss auf die Photosynthese, die Fettsäurebiosynthese und den Kohlenhydratstoffwechsel. Manganmangel tritt vor allem auf organischen und carbonathaltigen Böden infolge der Manganfestlegung auf. Ein hoher pH-Wert und eine gute Bodendurchlüftung senken die Konzentration an Mangan-Ionen ab. Die Manganverfügbarkeit im Boden nimmt bei hohem pH-Wert ab. Mangan kommt hauptsächlich als Oxid, aber auch in den Silikaten

vor. Bei der Silikatverwitterung gelangen Mn^{2+} -Ionen in die Bodenlösung. Diese können dann an die positiven Oberflächen der Kationenaustauscher adsorbiert werden. Neben dem Tonmineralgehalt des Bodens sind für diese Bindung vor allem der pH-Wert und das Redoxpotential des Bodens von Bedeutung. Mit sinkendem pH-Wert und abnehmendem Redoxpotential steigt die Konzentration der pflanzenverfügbaren Mn-Ionen an. Ein niedriges Redoxpotential ist bei geringen Sauerstoffgehalten im Boden gegeben (Bodenverdichtung, Überschwemmung, Staunässe). Dagegen senken ein hoher pH-Wert und eine gute Bodendurchlüftung die Konzentration an Mn-Ionen ab.

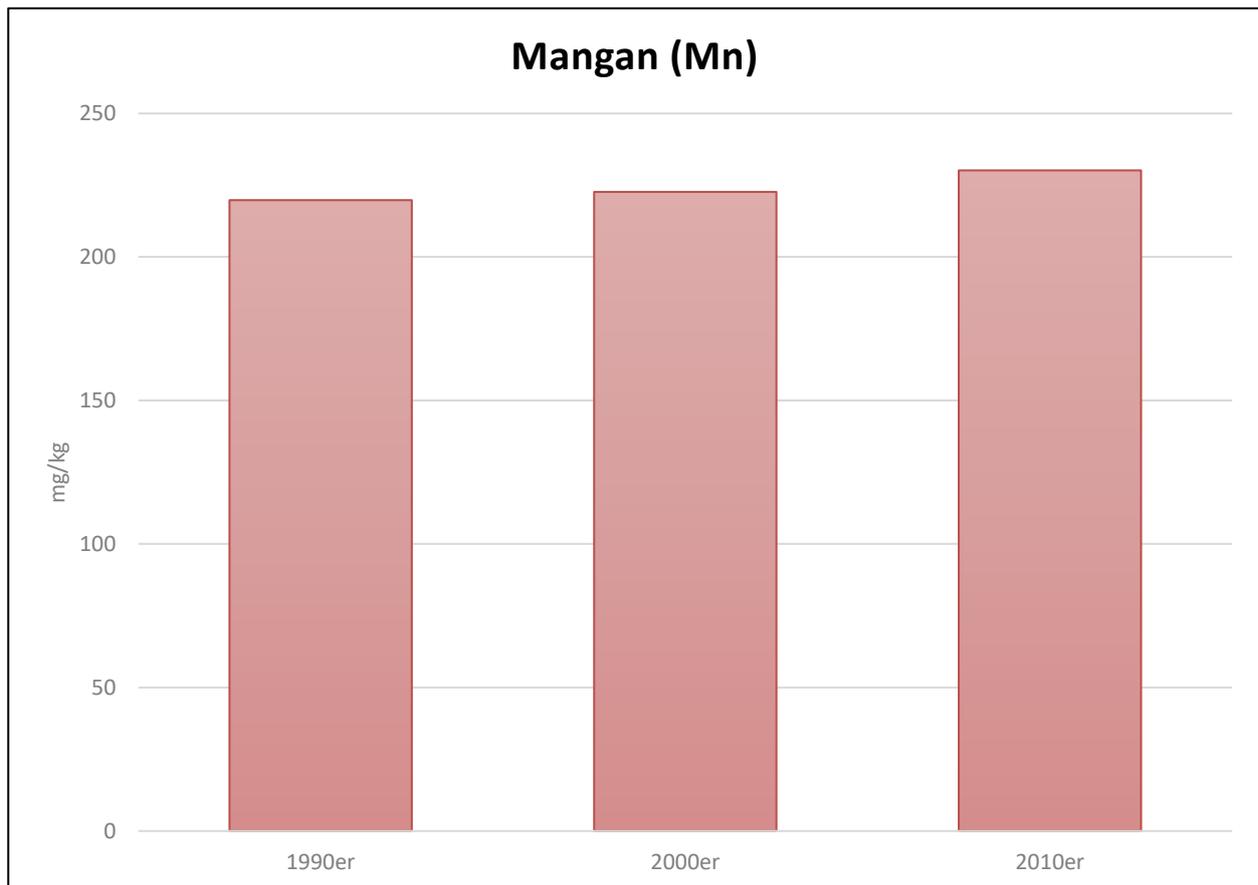


Abbildung 19: Entwicklung der mittleren Mangan Versorgung im Bezirk Leibnitz

Der Anstieg des Mangan Gehaltes im Boden korreliert mit dem Anstieg an Kupfer im Boden. Die Erklärung hierfür ist wahrscheinlich die Kombination der Düngemittel, so werden Kupferdünger nicht in Reinform ausgebracht, sondern in Kombination mit Mangan, Zink, Kupfer, Bor oder auch Schwefel. Diese Blattdünger wirken zwar vor allem in der Pflanze, es gelangt aber auch ein gewisser Teil der Ausbringungsmenge in den Boden. Somit wäre ein korrelierter Anstieg von Mangan und Kupfer, vor allem im Sonderkulturanbau, zu erklären. Um hier allerdings gesicherte statistische Aussagen treffen zu können, bräuchte es weiterer genauerer Untersuchungen, da der Anstieg außerhalb des Vertrauensbereichs der Messungen liegt.

In pflanzlichen Organismen ist Eisen ein essentielles Spurenelement. Es beeinflusst die Photosynthese sowie die Bildung von Chlorophyll und Kohlenhydraten. Eisenüberladung kann sich jedoch in Form von Eisentoxizität bemerkbar machen. In Böden liegt es bei normalen pH-Werten als

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ vor. Bei geringem Sauerstoffgehalt des Bodens wird Eisen(III) durch Reduktion zum Eisen(II) reduziert. Dadurch wird das Eisen in eine lösliche, für Pflanzen verfügbare Form gebracht. Nimmt diese Verfügbarkeit unter anaeroben Bedingungen, zum Beispiel durch Bodenverdichtung, zu stark zu, können Pflanzenschäden durch Eisentoxizität auftreten.

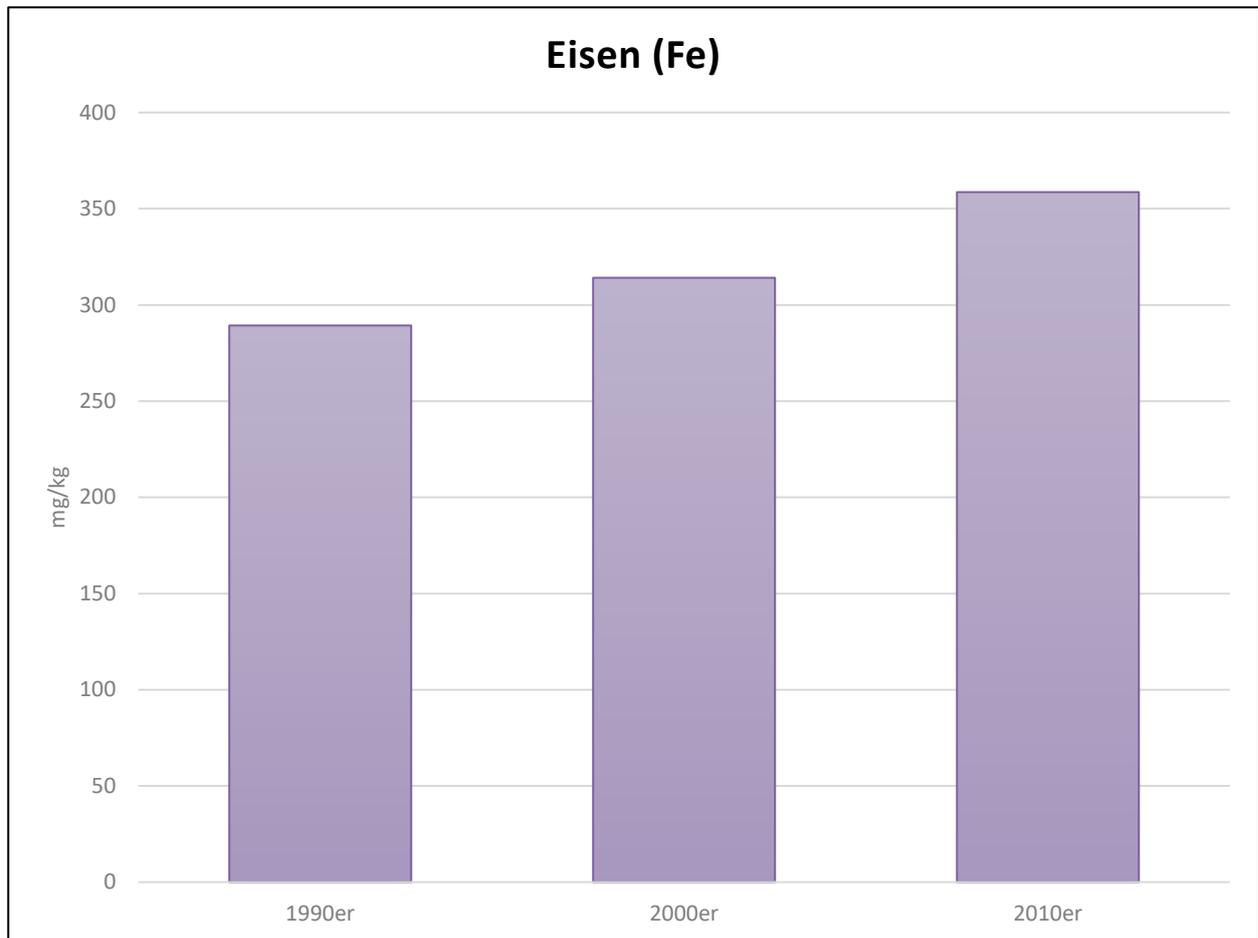


Abbildung 20: Entwicklung der durchschnittlichen Eisen (Fe) Versorgung im Bezirk Leibnitz

In Abbildung 20 ist ein nicht signifikant nachweisbarer Anstieg an Eisen im Boden zu erkennen. Dies kann ein erstes Anzeichen für den Ausbau der Anbaufläche von Mais sein und dabei der intensiven Nutzung von Schneckenkorn. Die Basis dieses Molluskizids ist Eisen(III)-phosphat. Ein hoher Anteil an Phosphor im Boden fördert unter Wassereinfluss die Bildung von Eisen. In Zusammenhang mit Bodenverdichtungen können hier in Zukunft Probleme für die Landwirtschaft und die Bodenqualität auftreten, da die Gehalte im Bezirk als hoch eingestuft werden müssen.

7.2.9 Die austauschbaren Kationen Kalzium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K) & Natrium (Na)

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 Kaliwerten ein Hinweis auf einen möglichen Magnesiummangel.

Da der Ca-Gehalt im Obst großen Einfluss auf die Lagerfähigkeit hat, wird in Böden von Obstanlagen auch der absolute Gehalt an austauschbarem Kalzium bewertet. Für Äpfel und Birnen ist ein Richtwert von mehr als 300 mg Ca / 100g Boden erstrebenswert, für andere Obstarten ein Wert von mehr als 250 mg Ca / 100g Boden.

Die Bestimmung der austauschbaren Kationen erfolgt nach ÖNORM L1086-1.

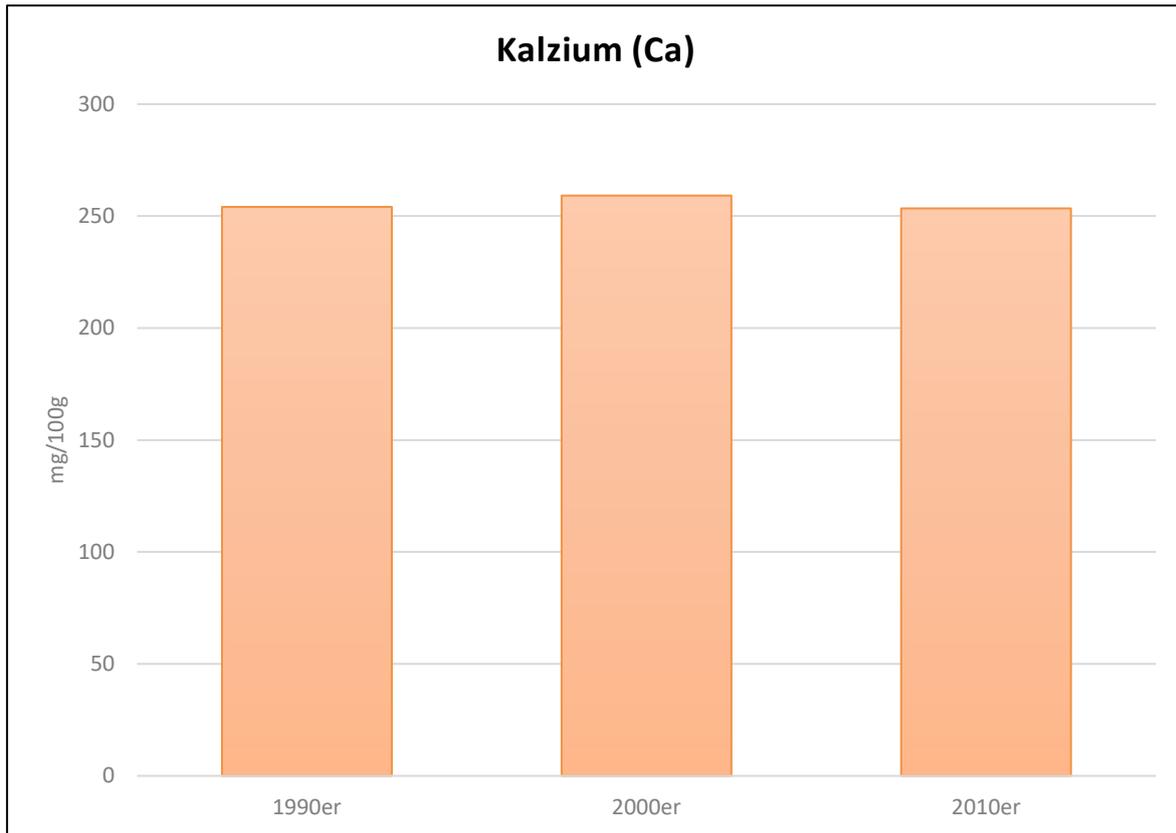


Abbildung 21: Entwicklung der durchschnittlichen Kalzium (Ca) Versorgung im Bezirk Leibnitz

Die Versorgung von Kalzium korreliert mit der Versorgung von Kalium, dies ist über die letzten Jahrzehnte sehr schön zu beobachten gewesen.

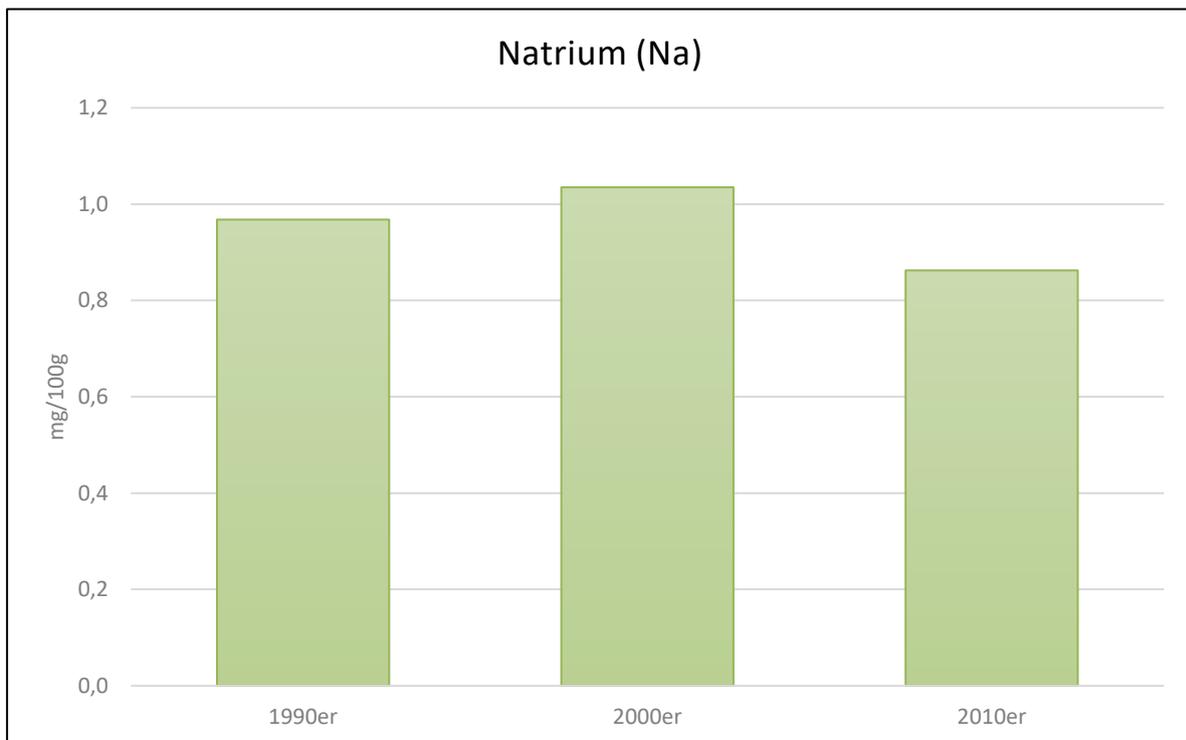


Abbildung 22: Entwicklung der mittleren Natrium (Na) Versorgung im Bezirk Leibnitz

Kalzium ist für Pflanzen lebensnotwendig (essentiell). Kalzium wird von Pflanzen in die Zellwände eingebaut und spielt eine wichtige Rolle bei Regulationsvorgängen des Pflanzenstoffwechsels. Ausreichend Kalzium im Boden macht Pflanzen unempfindlicher gegenüber Krankheiten und Schädlingen. Ein Kalziummangel im Boden kann bei Pflanzen zu Chlorose führen. Bei dieser Mangelkrankheit kommt es zu einer verminderten Chlorophyllbildung mit einer charakteristischen Gelbfärbung junger Blätter.

Bei Apfelbäumen kann eine zu geringe Kalziumaufnahme zu Stippe führen. Diese Mangelkrankheit äußert sich durch braune Flecken auf der Apfelschale und im Fruchtfleisch. Besonders anfällig für die Stippe sind die Sorten Boskoop und Jonagold. Sehr empfindlich auf zu wenig Kalzium im Boden reagieren auch Tomaten. Ein Kalziummangel führt hier zu verstärkter Schimmelbildung und dunklen Stellen im Fruchtfleisch. Ein Kalziumüberschuss ist für Pflanzen nicht direkt schädlich. Allerdings kann durch zu viel Kalzium im Boden die Verfügbarkeit von anderen wichtigen Nährstoffen wie zum Beispiel Phosphor, Kalium und Magnesium herabgesetzt werden.

Bei Pflanzen spielt Natrium hingegen eine untergeordnete Rolle. Während Kalium für alle Pflanzen und die meisten Mikroorganismen essentiell ist, wird Natrium nur von einigen C₄- und CAM-Pflanzen benötigt, von C₃-Pflanzen in der Regel jedoch nicht. Je nach Standort haben sich aber davon unabhängig Pflanzen entwickelt, die von einer Natriumaufnahme profitieren können. Diese Pflanzen, Halophyten genannt, kommen besonders in Küstenregionen oder anderen Gebieten vor, in denen der Boden eine hohe Natriumkonzentration aufweist. Halophyten wie die Zuckerrübe, Kohl und viele C₄-Gräser sind salztolerant, da sie das Natrium aus dem Zentralzylinder heraus in die Vakuolen der Blattzellen transportieren können, wo es als osmotisch wirksames Ion für eine Erhöhung des Turgors sorgt und dadurch statt des Kaliums die Zellstreckung und das Blattflächenwachstum positiv beeinflusst. Natrium substituiert damit zu einem Teil Kalium, zu einem anderen Teil wirkt es aber auch zusätzlich wachstumsfördernd. Da die meisten Pflanzen Natrium nur in geringen Mengen enthalten, müssen viele Pflanzenfresser zusätzliches Natriumchlorid aus natürlichen Salzvorkommen aufnehmen.

Die Mengen an Kalzium schwanken in den letzten Jahren stark und sind an die Versorgung mit Kalium gekoppelt. Die Mengen an Natrium haben über die letzten Jahrzehnte nur sehr gering nachgelassen und geben keinen besonderen Anlass zur Sorge. Sollte der Mais Anbau jedoch noch weiter ausgebaut werden und andere C₄-Pflanzen Alternativen angebaut werden (z.B.: Hirse), kann es jedoch zu einem Ertragsrückgang durch Natrium-Verarmung kommen. Dies sollte aber bei regelmäßigen Bodenuntersuchungen im Rahmen der Düngerplanung kein Problem darstellen.

7.2.10 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 Fluors 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 gebundenes 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 Fluors 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 Fluors im Boden erfolgt nach einer Hausmethode (Wasserextraktion und Messung mit ionenselektiver Elektrode).

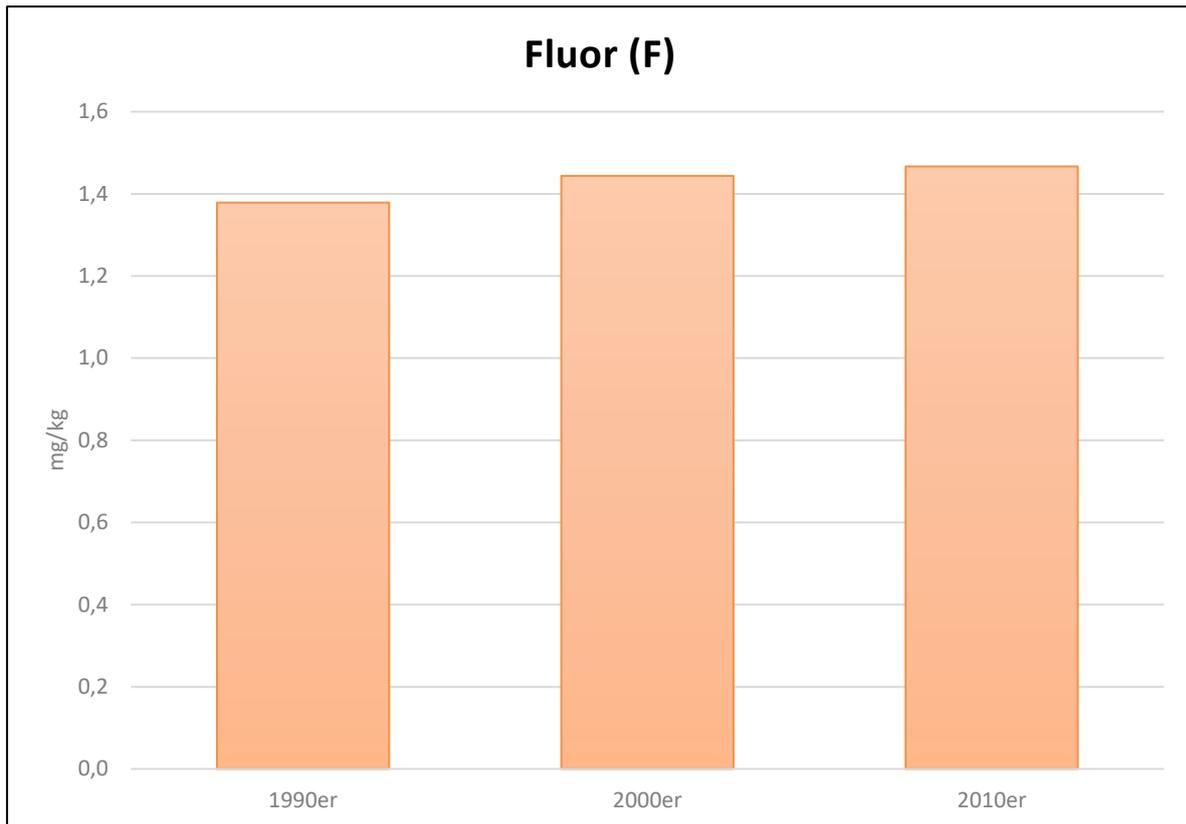


Abbildung 23: Entwicklung der mittleren Fluor Versorgung im Bezirk Leibnitz

Bei der Versorgung mit pflanzenverfügbarem Fluor kann eine Korrelation zwischen der Erhöhung der Ausbringungsmengen bei Phosphor hergestellt werden. Da im Phosphor Dünger auch Fluor vorhanden ist und die Mengen im Boden in den letzten 20 Jahren gestiegen sind, reichert sich der sehr immobile Nährstoff im Boden an.

Eine andere Erklärung könnte die zunehmende Ansiedelung von Industriebetrieben in diesem Bezirk sein. Hier sind vor allem die metallverarbeitende Industrie und die Müllverbrennungen zu nennen. Um aber hier exaktere Aussagen zu treffen, müsste jeder Punkt im Bezirk für sich extra betrachtet werden, da es eine sehr inhomogene Verteilung der Betriebe über den Bezirk gibt (Konzentration vor allem im Großraum Leibnitz und Wildon).

Eine signifikante Aussage ist derzeit aber noch nicht möglich, da die Werte mit einer gewissen Messunsicherheit (wie Eingangs schon erwähnt) behaftet sind. Sollte sich dieser Trend fortsetzen und die Trendlinie nicht zunehmend abflachen, dann wäre eine gesicherte Aussage in 10 Jahren möglich.

7.3 Schwermetalle

Metalle, die sich mit einer Dichte von $> 3,5 \dots 5$ an die Leichtmetalle anschließen, werden als Schwermetalle bezeichnet. Zu ihnen zählen sowohl für den Stoffwechsel von Menschen, Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen notwendigen Spurennährstoffe wie Eisen, Mangan, Chrom, Kupfer, Kobalt, Nickel und Zink als auch Elemente, die keine physiologische Bedeutung besitzen (Blei, Cadmium, Quecksilber). Im Hinblick auf stoffliche Belastungen von Böden kommt den Schwermetallen eine besondere Bedeutung zu, da sie bereits in geringen Konzentrationen toxisch wirken. Im Gegensatz zu vielen organischen Schadstoffen kommen sie natürlich in Gesteinen und Böden vor und sind weder mikrobiell noch chemisch abbaubar. Nicht berücksichtigt wurden hier Mangan und Eisen, die in Böden in Konzentrationen bis zu mehreren tausend mg/kg vorkommen und bei diesen Gehalten keine toxischen Wirkungen aufweisen, sowie die Spurennährstoffe Kobalt, Molybdän und Selen, die bezüglich ihres Eintrags keine Bedeutung besitzen. Arsen als Metalloid (Halbmetall) wird dagegen aufgrund seiner hohen Dichte, der Toxizität seiner Verbindungen und teilweise ähnlicher chemischer Reaktionen mit zu den Schwermetallen gezählt.

Periodensystem der Elemente																				
Periode	Haupt-		gruppen																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Nebengruppen								VIII			
1	H																	He		
2	Li	Be																Ne		
3	Na	Mg																Ar		
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
6	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
7	Fr	Ra	Ac-Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt											
Lanthaniden			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
Aktiniden			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			
			Metalle (Hauptgruppen)								Metalle (Nebengruppen)				Halbmetalle			Nichtmetalle		Edelgase

Abbildung 24: Periodensystem der Elemente

7.3.1 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 Ertrags- einbußen 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 EN ISO 54321 (Königswasser-Aufschluss) und anschließender ICP – Messung EN 16170 bzw. Graphitrohrtechnik ONR CEN/TS 16172 (Mo, Cd und As) oder mit FIMS Kaltdampftechnik ISO 16772 (Hg).

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	60	150	100	100	60	50	10	0,5	0,5	(20)
Normalwert	60	160	50	80	70	30	1,6	0,5	0,3	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	37	16	20	10	5	0,4	0,2	0,12	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.

7.3.2 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 Kupfertoizität beim Menschen sehr selten.

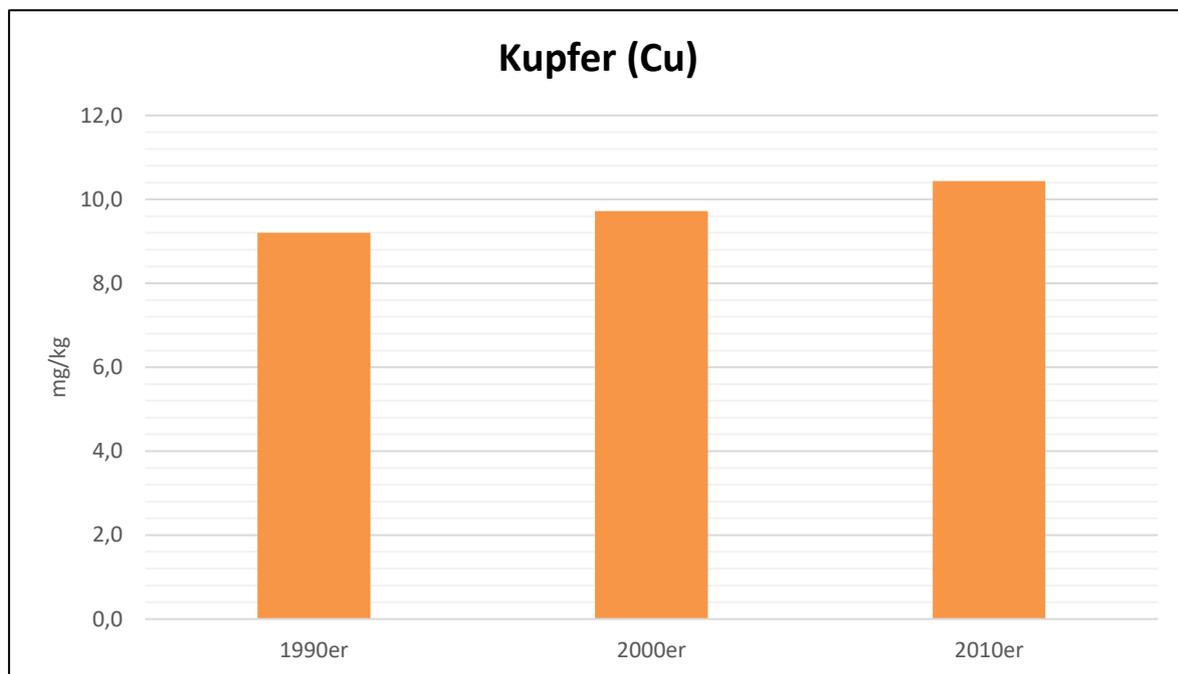


Abbildung 25: Kupfer (Cu) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Beim Kupfer ist ein leichter Trend zu erkennen, der die Zunahme im Boden vermuten lässt, geht aber von einem geringen Niveau in den 1990er Jahren aus. Der massive Einbruch der Kupfergehalten in den 1990er Jahren ist durch eine massive Bautätigkeit im Leibnitzer Raum in dieser Zeit zu erklären, da hier ertragsstarke und auch landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen aufgegeben wurden. Gleichzeitig wurden viele Pflanzenschutzmittel zu Beginn der 1990er Jahre in Verkehr gebracht und ersetzt somit Kupferpräparate. Mit Beginn der Verbreitung des biologischen Landbaus zu Beginn der 2000er Jahre, und die vor allem im Weinbau, wurden wiederum vermehrt Pflanzenschutz mit Hilfe von Kupfer betrieben und somit ist auch der Anstieg der Kupferwerte zu erklären.

7.3.3 Zink (Zn)

Allgemeines:

Zink ist ein für Pflanze, Tier und Mensch essentielles Spurenelement. Erst bei sehr hohen Gehalten im Boden wirkt es toxisch auf Pflanzen und Mikroorganismen. Auch für Tiere und Menschen ist Zink nicht sehr giftig. Viel häufiger gibt es Probleme durch Zinkmangel, sodass in der Futtermittelverordnung Minimalwerte für Zink vorgeschrieben werden. Zinkmangel in Böden gehören zu den häufigsten Spurenelementmangeln in landwirtschaftlich genutzten Pflanzen und kommt gehäuft in Böden mit hohem pH-Wert vor. Zink kommt in Böden vor allem als Witterungsprodukt von Steinen vor.

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.

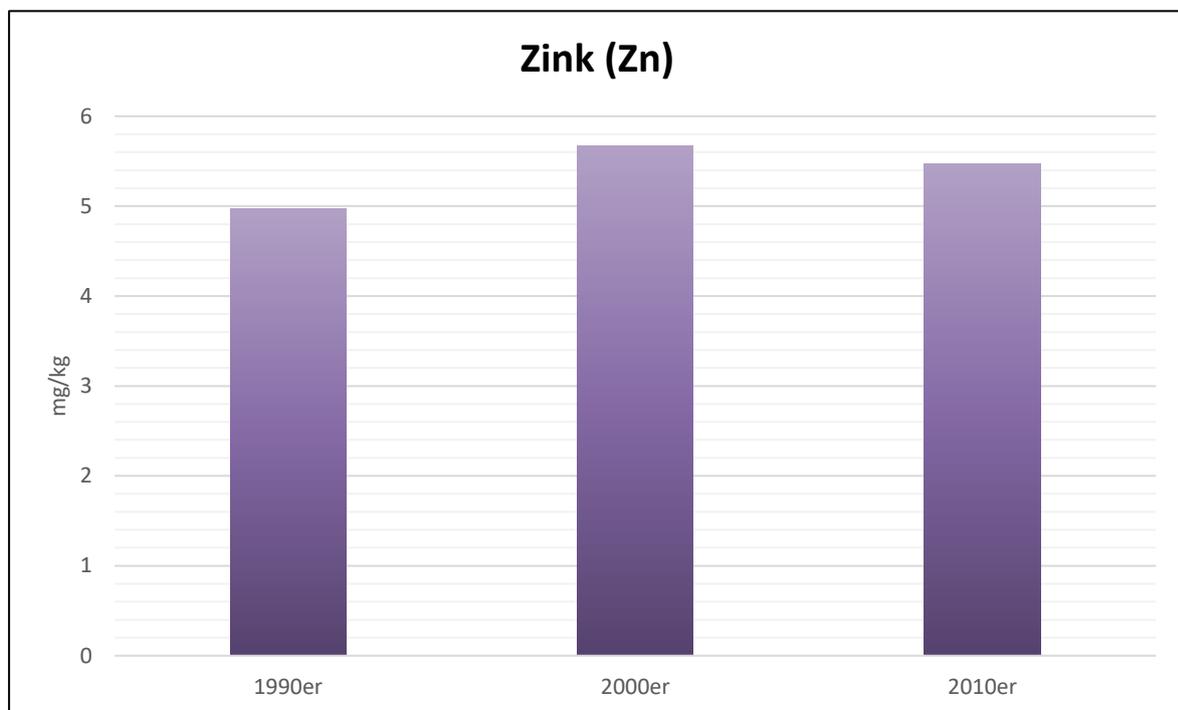


Abbildung 26: Zink (Zn) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Beim Zink sind die Werte nahezu gleichgeblieben, diese bewegen sich in einem sehr niedrigen Bereich. Somit kann bei Zink gesagt werden, dass es in den letzten Jahrzehnten zu keiner Verarmung oder Anhäufung dieses Schwermetalls gekommen ist.

7.3.4 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.

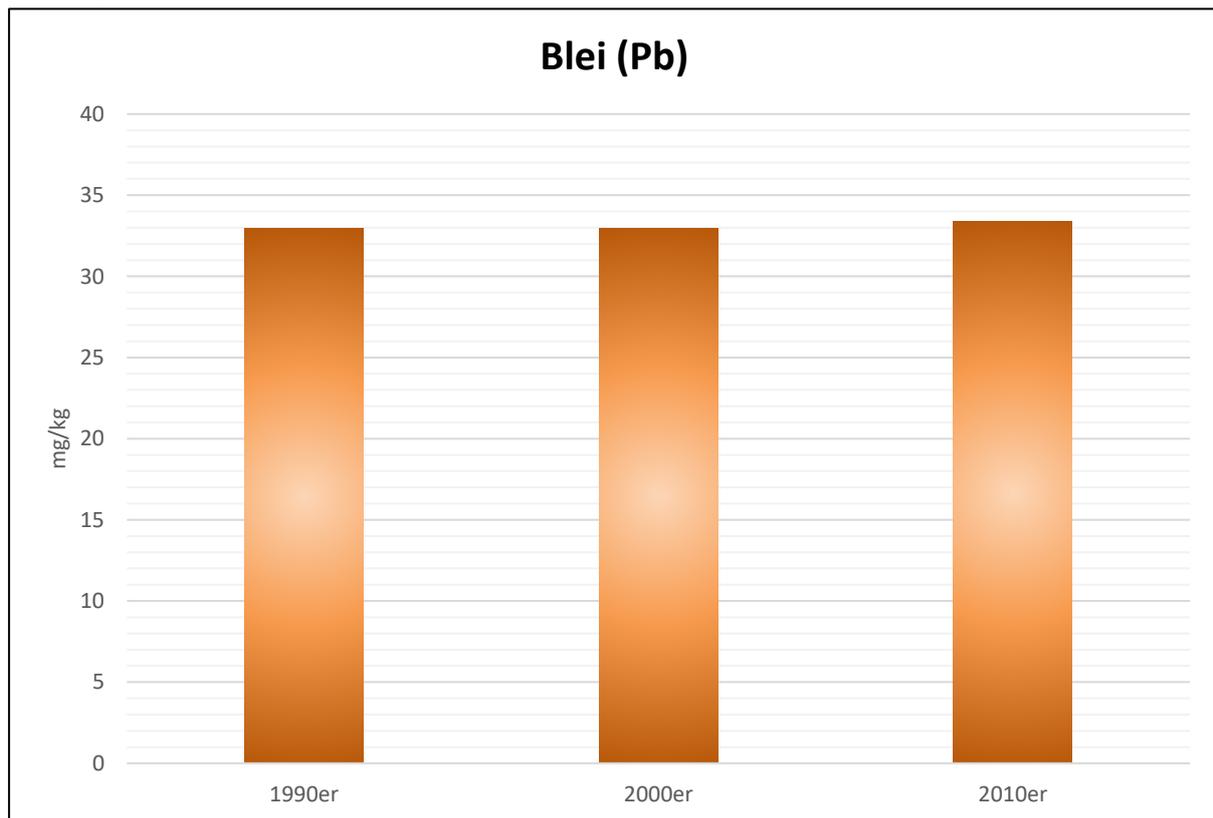


Abbildung 27: Blei (Pb) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Leider ist zu beobachten, dass die Blei Konzentration im Boden trotz diverser Verbote (Kraftstoffe) nicht gesunken ist. Dies könnte vor allem mit der Zunahme an Verkehr und der kalorischen Verbrennung von Kohle im Kraftwerk Mellach zusammenhängen. Die Abschaltung könnte den Bleigehalt im Boden in Zukunft zurückgehen lassen, aber dieser wird trotzdem noch lange Zeit messbar sein. Die Belastungen der letzten Jahre liegen unter dem gesetzlichen Grenzwert.

7.3.5 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.

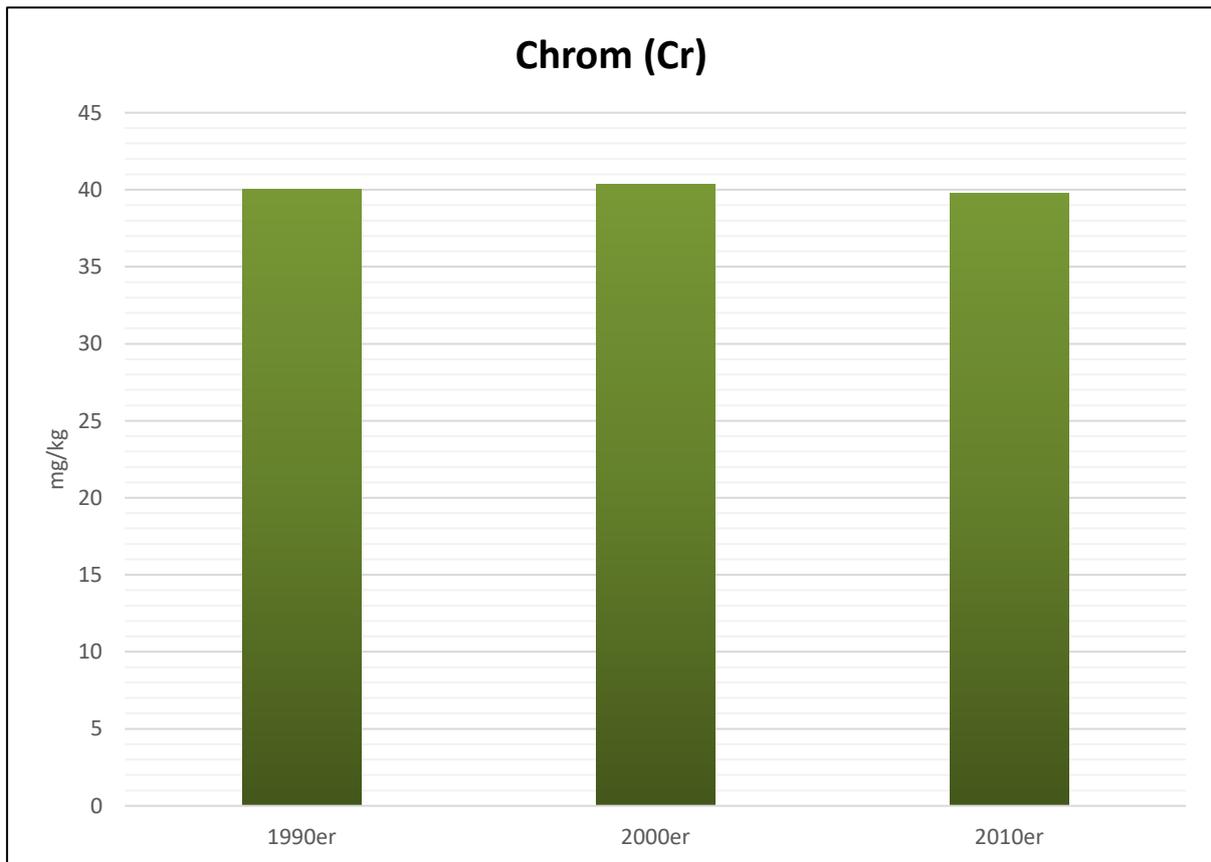


Abbildung 28: Chrom (Cr) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Chrom wird vor allem bei der Lederherstellung für die so genannte Chromgerbung verwendet und in der Automobilindustrie für das galvanische Aufbringen von Zierelementen. Die Mengen die sich derzeit in den Böden des Bezirks Leibnitz befinden sind allerdings zu vernachlässigen. Da Chrom auch nicht von der Pflanze in das Blatt oder die Früchte transportiert wird sondern in der Wurzel verbleibt, findet auch kaum ein schneller Abbau im Boden statt. Auch die gesetzlichen Grenzwerte wurden in den letzten Jahrzehnten nicht überschritten.

7.3.6 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 Dermatitis Fälle auf). Andere Nickelverbindungen (z. B.: Nickelstäube) erwiesen sich als krebserregend oder teratogen. Bekannt ist Nickel auch als Auslöser allergischer Reaktionen.

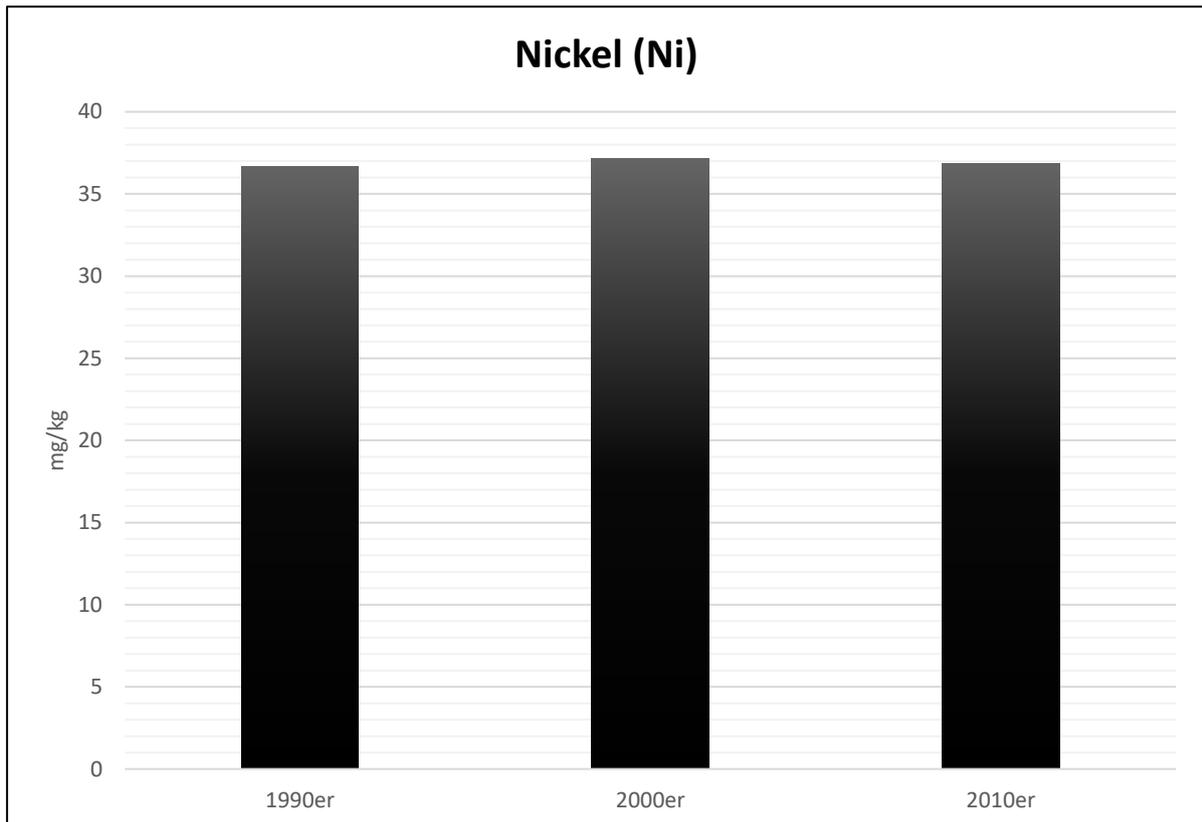


Abbildung 29: Nickel (Ni) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Nickel wird hauptsächlich in der Edelstahl Produktion oder in der Stahlveredelung verwendet. Hier können noch Altlasten aus früheren Produktionsprozessen vorhanden sein. Für Pflanzen und Bodenmikroorganismen ist Nickel ein lebenswichtiges Spurenelement. In höheren Konzentrationen wirkt Nickel jedoch toxisch. Bodenbelastungen durch Nickel können durch Ausschwemmung zu einer Anreicherung an besonders exponierten Stellen führen und hier zu erhöhten Konzentrationen führen. Für den Bezirk Leibnitz sind die Werte der letzten Jahrzehnte weit unter dem gesetzlichen Grenzwert und geben somit keinen Anlass zu Unruhe.

7.3.7 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.

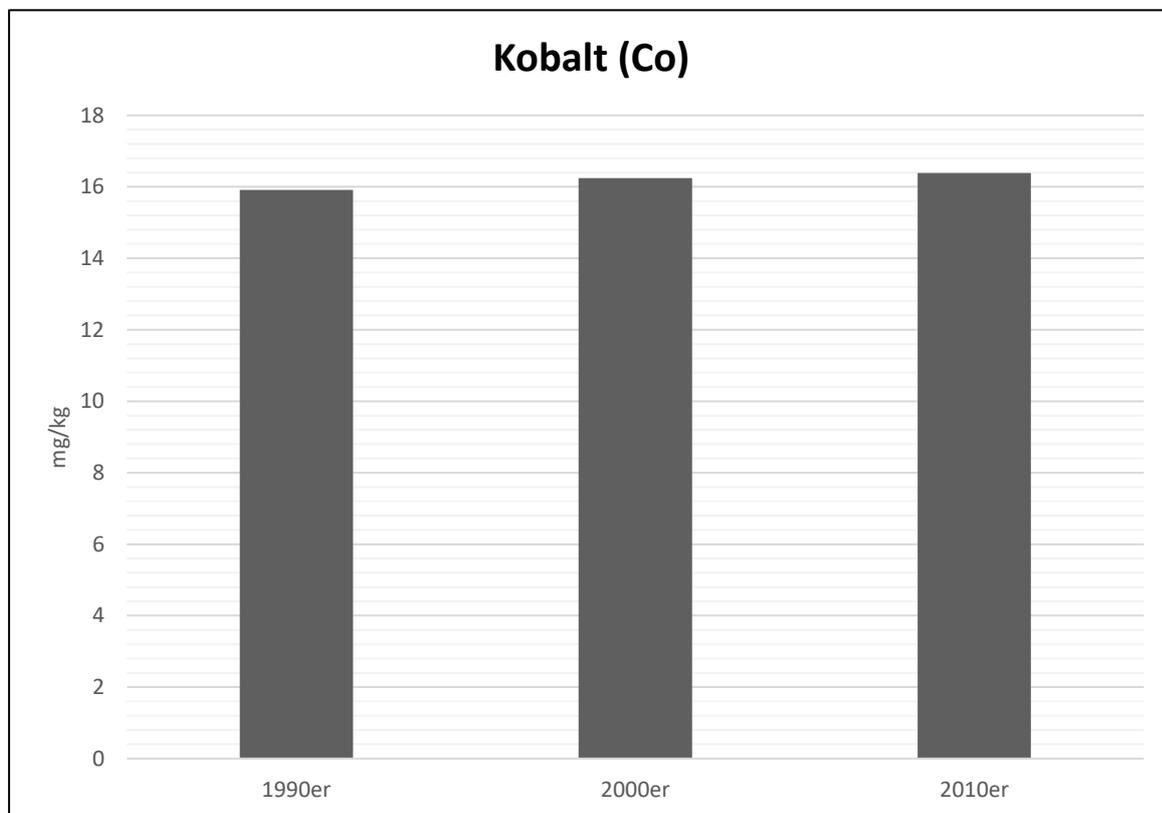


Abbildung 30: Kobalt (Co) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Neuere Untersuchungen zeigen, dass Kobalt auch positive Auswirkungen auf die Pflanzen hat. Eine zu geringe Verfügbarkeit von Kobalt hat laut Spektrum der Wissenschaft in Pflanzen generell das Auftreten von Mangelerscheinungen zur Folge: Wachstumshemmung, schlechtere Trockenresistenz, beschleunigte Abreife. In einem ägyptischen Versuch wurde durch Kobalt die Verfügbarkeit von N, P und K bei Tomaten erhöht. Bei Leguminosen führt Kobaltmangel indirekt zu einer geringeren Methionin-Synthese, deren direkte Ursache die geringere Stickstofffixierung ist. Die Werte im Boden lagen in den letzten Jahrzehnten weit unter den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerten.

7.3.8 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.

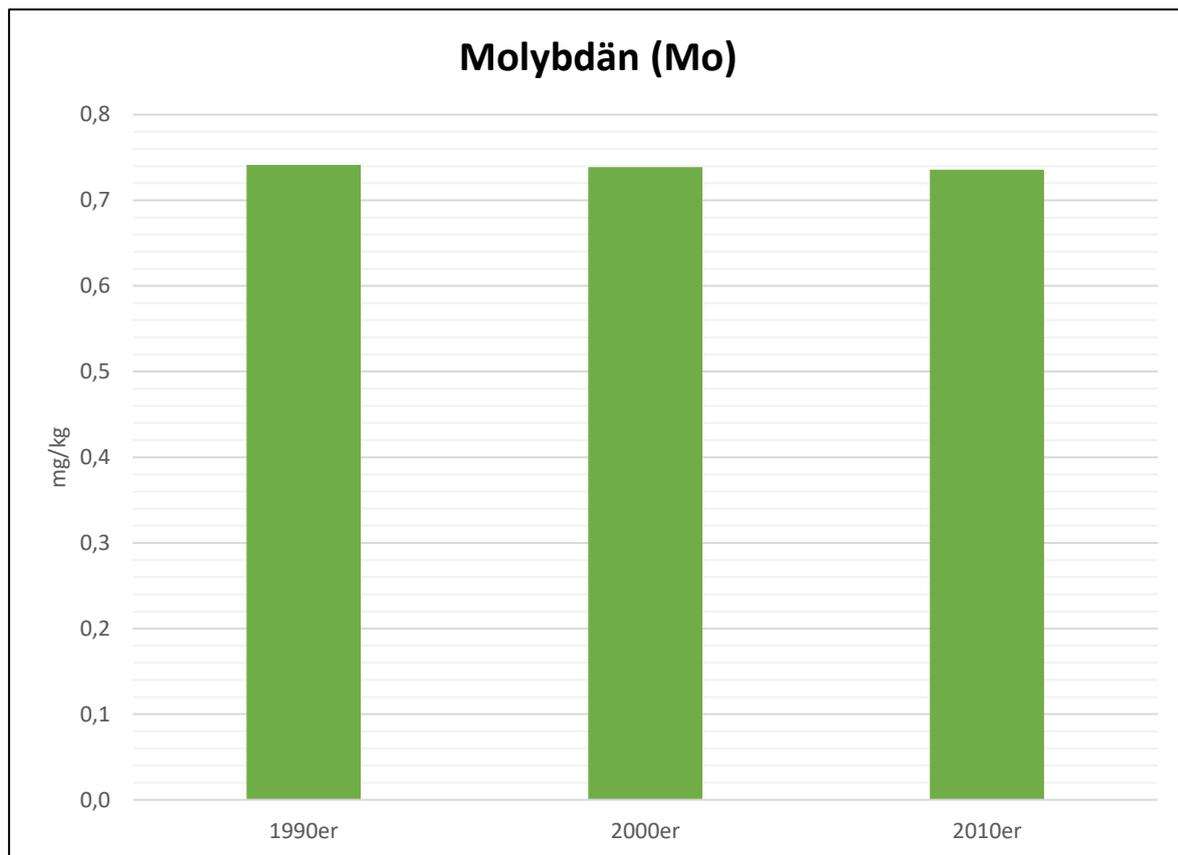


Abbildung 31: Molybdän (Mo) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Molybdän wird wegen seiner hohen Temperaturbeständigkeit zur Herstellung von Teilen für extreme Anwendungsfälle wie in der Luft- und Raumfahrt oder Metallurgie Technik verwendet. In kleinen Zusätzen dient es zur Härtung und zur Verhinderung der Anlass Versprödung von Stahl. Molybdän ist ein sehr wichtiges Spurenelement, vor allem für Leguminosen. Die mit den Leguminosen in Symbiose lebenden Bakterien (Knöllchenbakterien) sind in der Lage, mit einem molybdänhaltigen Enzym (Nitrogenase) Luftstickstoff zu binden. Sie benötigen Molybdän für zwei Prozesse: Fixierung von molekularem Stickstoff und Nitratreduktion. Sieht man sich die Tabelle genau an, so ist eigentlich keine Abnahme von Molybdän zu sehen. Die Werte liegen aber auf einem niedrigen Niveau und auch unter dem steirischen Schnitt von circa 1,6 mg/kg.

7.3.9 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 in Leber und Nieren mit zunehmendem Alter und die Gefahr einer Nierenfunktionsstörung nimmt zu. Zudem wurde im Tierversuch auch ein krebserregendes, mutagenes und teratogenes Potential beobachtet. In Kombination mit anderen Schwermetallen sind antagonistische und synergistische Effekte bekannt.

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

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

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

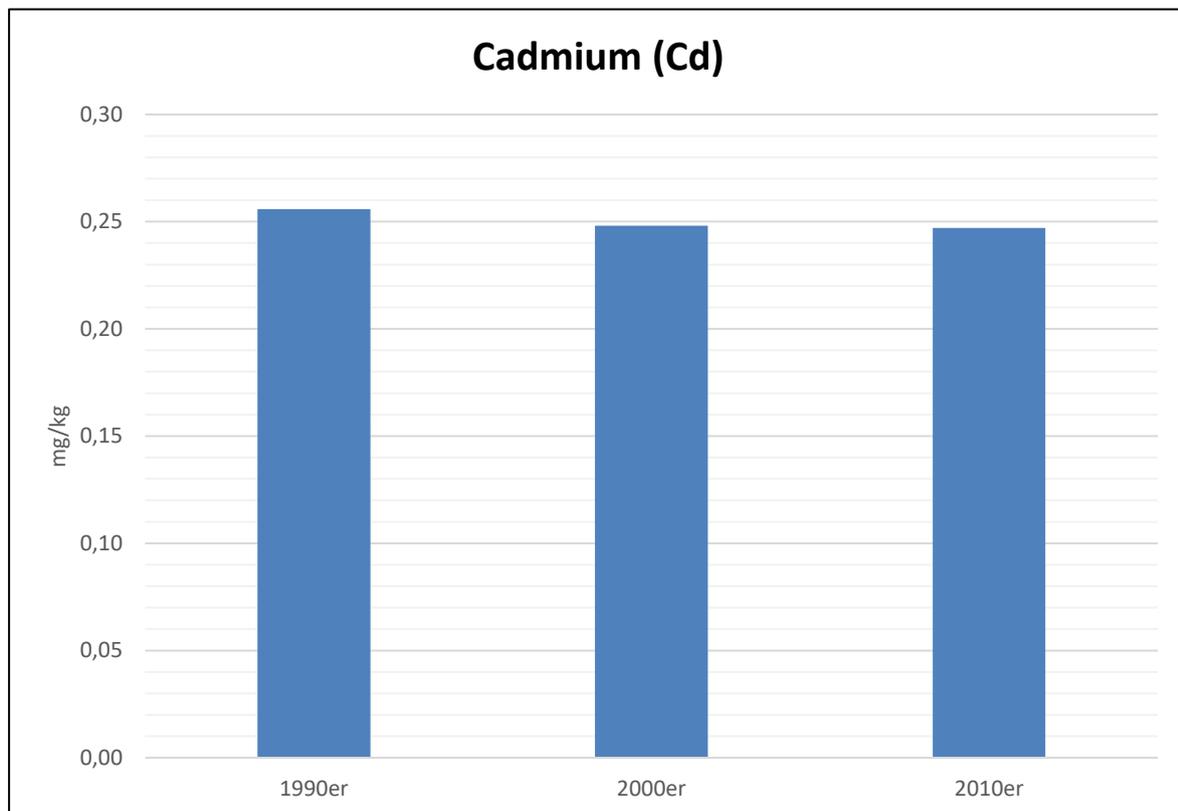


Abbildung 32: Cadmium (Cd) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Cadmium ist ein giftiges Schwermetall und kommt natürlicherweise in der Erdkruste vor. Es stammt von verwitternden Gesteinen oder Vulkanausbrüchen. Des Weiteren wird Cadmium durch industrielle Emissionen beim Metallschmelzen, Industrie- und Landwirtschaftsabfälle, Verbrennung von Kohle sowie die Verwendung in Batterien und Legierungen in die Atmosphäre und von dort in den Boden eingetragen. Mit Phosphatdüngern und Klärschlamm wird es direkt in den Boden eingebracht.

In der Umwelt kommt Cadmium selten als reines Metall vor, sondern meistens als anorganische Verbindung wie z.B. als Cadmiumchlorid, -bromid, -sulfat, -oxid und -sulfit. In Säugetieren, Vögel und Fischen sowie Pflanzen liegt Cadmium an Proteine gebunden vor. Nutzpflanzen können Cadmium unterschiedlich gut, hauptsächlich über die Wurzeln aus dem Boden aufnehmen. Verschiedene Faktoren wie z.B. Bodenbeschaffenheit, Anbausorte und unterschiedliche landwirtschaftliche Praktiken wie der Einsatz von Phosphatdünger oder Klärschlamm beeinflussen die Aufnahme.

Die Hauptaufnahme von Cadmium ist bei Nichtraucherinnen und Nichtrauchern auf Nahrungsmittel zurückzuführen und beträgt etwa 90 %. Die restliche Exposition (10 %) setzt sich aus der Umgebungsluft und dem Trinkwasser zusammen (EFSA, 2012). Ölsaaten, Kakaobohnen, Wildpilze, Nüsse, Getreide, Algen und einige Gemüsearten zählen zu den pflanzlichen Lebensmitteln mit den stärksten Cadmiumbelastungen. Innereien und Meeresfrüchte können ebenfalls mit erhöhten Cadmiumwerten belastet sein. Oft leisten jedoch nicht die Nahrungsmittel mit den höchsten Cadmiumgehalten den größten Beitrag zur Cadmiumaufnahme, sondern die Lebensmittel, die in großen Mengen und oft konsumiert werden, wie z.B. Getreide und Gemüse (EFSA, 2009).

Im Bezirk Leibnitz sind die Cadmium Gehalte sehr niedrig und tendenziell auch abnehmend. Der Grenzwert liegt im Boden in der Steiermark bei 2 mg/kg und wird hier nicht überschritten. Es besteht also keine große Gefahr einer Anreicherung von Cadmium in den produzierten Lebensmitteln im Bezirk.

7.3.10 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.

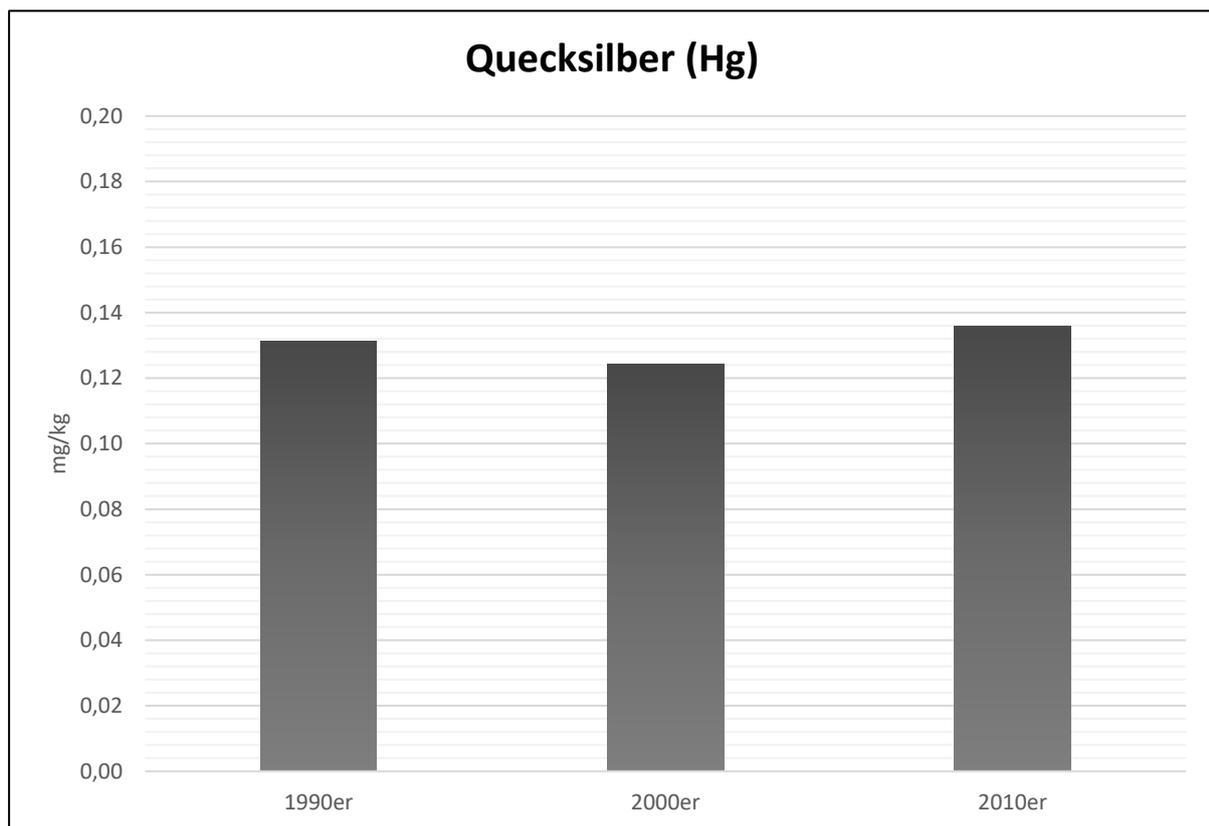


Abbildung 33: Quecksilber (Hg) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Quecksilber gelangt über verschiedene Wege in die Umwelt. Zum einen sind dies natürliche Quellen wie Erosion, Vulkanausbrüche, Geysire oder wenn Biomasse verbrennt (z. B. Waldbrände, Steppenbrände), wodurch es aus gebundener Form wieder in die ungebundene Form übertritt. Zum anderen setzt der Mensch Quecksilber frei: Wir verbrennen fossile Brennstoffe für die Energieerzeugung (hauptsächlich Kohle), bauen Quecksilber ab und schürfen Gold bzw. bereiten es

auf. Überall hier, aber auch durch andere Quellen, wie Zahnamalgam, wird Quecksilber in die Umwelt freigesetzt. Mit dem Niederschlagswasser gelangt Quecksilber (insbesondere wasserlösliche gasförmige Quecksilberverbindungen, aber auch partikelgebundenes Quecksilber) aus der Atmosphäre auf die Erdoberfläche. Dieser Vorgang heißt nasse Deposition.

Eine leicht erhöhte Bodenbelastung durch Quecksilber muss dem Anbau von Obst und Gemüse nicht im Wege stehen, da Quecksilber von Pflanzen nur schlecht aufgenommen wird. Bodennahe Pflanzen sollten vor dem Verzehr gründlich gewaschen werden, um äußerliche Kontaminationen mit Quecksilber möglichst zu entfernen. Die Entfernung der äußeren Blätter ist eine weitere Maßnahme, um eine Aufnahme von Quecksilber aus belasteten Böden zu minimieren. Quecksilber im Boden wird bei Boden-pH-Werten unter 4 verstärkt verfügbar. Bei sehr sauren Böden kann also eine Kalkung des Bodens die Belastung durch Quecksilber verringern.

Im Bezirk Leibnitz sind die Werte an Quecksilber auf dem Niveau des anthropogenen Eintrags welcher dem Schnitt über die gesamte Steiermark von 0,12 mg/kg entspricht. Die Grenzwerte für Quecksilber sind für die Steiermark mit 1 mg/kg festgelegt und werden in den letzten Jahrzehnten nie überschritten. Es besteht also keine Gefahr der Quecksilber Vergiftung durch Obst oder Gemüse im Bezirk Leibnitz.

7.3.11 Arsen (As)

Allgemeines:

Bei einer Betrachtung der Toxikologie des Arsens müssen seine beiden Oxidationsstufen berücksichtigt werden. So ist dreiwertiges Arsen besonders giftig und verursacht Hautkrebs. Arsen ist vermutlich auch karzinogen, mutagen und teratogen.

Seine gebietsweise häufige Verbreitung in oft beträchtlichen Konzentrationen ist zumeist geogener Natur. In der Natur kommt es als Bestandteil vieler Mineralien vor und gelangt zum Beispiel durch Vulkanausbrüche in die Atmosphäre. 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 arsenhaltigen Schädlingsbekämpfungsmitteln kann fallweise kleinräumig Probleme bereiten. Ein noch umstrittenes Thema ist die Verwendung von arsenhaltiger roter Asche auf Sportplätzen. Die Hauptaufnahmequelle des Menschen stellt der Verzehr von Meerestieren und Reis sowie Getreide dar. Man vermutet sogar, dass Arsen für Mensch und Tier innerhalb einer schmalen Wirkungsbreite ein essentielles Spurenelement ist. Erstaunlich ist auch der Antagonismus von Arsen und Selen, welche zusammen deutlich weniger giftig sind als einzeln. Die WHO/FAO empfiehlt, dass die tägliche Nahrungsaufnahme von Arsen 0,05 mg/kg Körpergewicht nicht übersteigt.

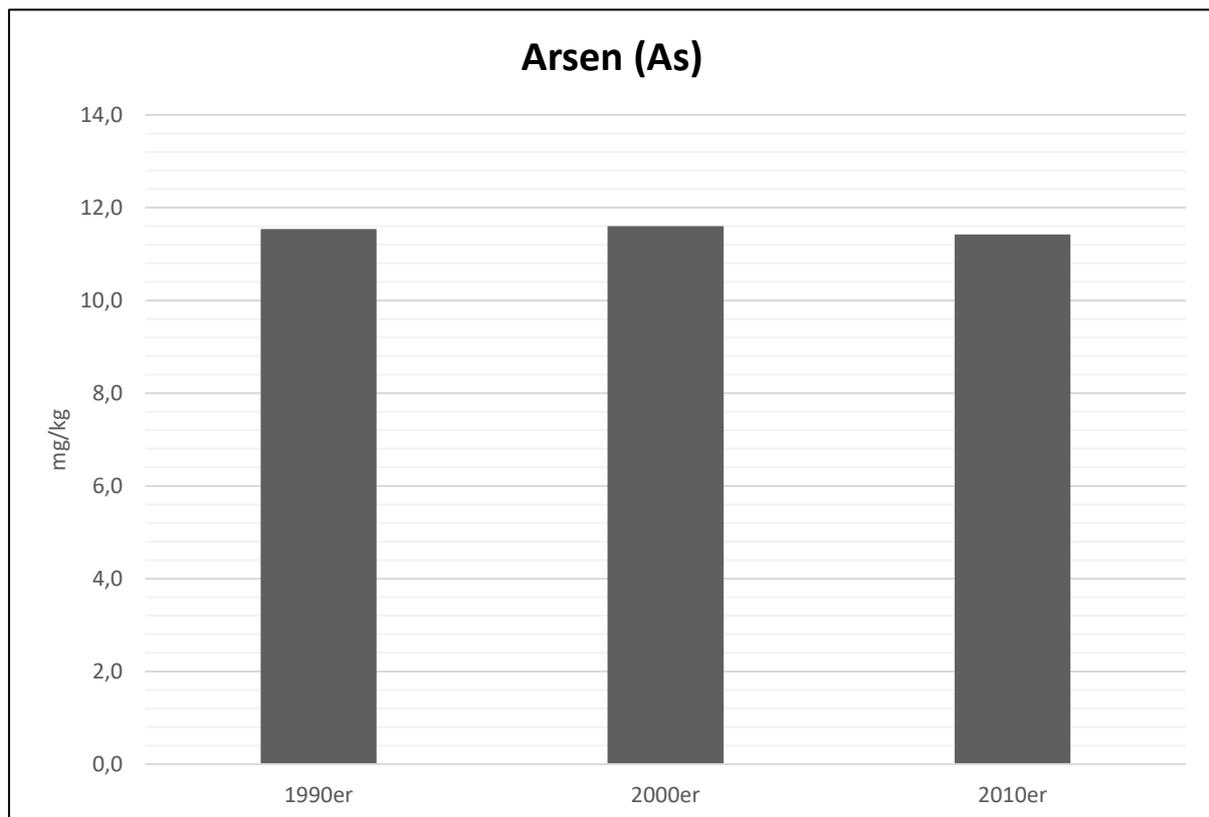


Abbildung 34: Arsen (As) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz

Im Bezirk sind die Gehalte an Arsen auf die vulkanische Tätigkeit in früheren Zeiten zurückzuführen und befinden sich unter dem Grenzwert von 20 mg/kg.

7.4 Organische Schadstoffe

Die weltweite Chemikalienproduktion ist von einer Million Tonnen im Jahr 1930 auf heute 400 Millionen Tonnen gestiegen. Bei mehr als 80 Prozent der heute verwendeten Chemikalien ist das Wissen nicht ausreichend, um eine Risikobeurteilung dieser Stoffe vorzunehmen. Ein beträchtlicher Anteil an organischen Chemikalien gelangt auf den verschiedensten Wegen in die Umwelt, so dass organische Schadstoffe anthropogener Herkunft in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen nachgewiesen wurden. Böden sind aufgrund ihrer Filter- und Pufferfunktionen für die meisten organischen Schadstoffe eine Senke. Nur flüchtige und leicht abbaubare Stoffe werden in Böden kaum angereichert.

Organische Schadstoffe werden aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften, ihres Umweltverhaltens und ihrer Verwendung in verschiedene Substanzklassen unterteilt. So unterscheidet man nach chemischen Eigenschaften unter anderem aromatische, aliphatische oder chlorierte Kohlenwasserstoffe.

Nach der Verwendung kann unter anderem zwischen Pflanzenschutzmitteln, Lösungsmitteln, Tensiden, Weichmachern und Pharmazeutika unterschieden werden. Pflanzenschutzmittel gehören verschiedenen Substanzklassen an. Chlorierte, aromatische Kohlenwasserstoffe (z.B. DDT, HCB), Antibiotika und Schwermetallsalze (z.B. Kupfer-Verbindungen) wurden bzw. werden als Pflanzenschutzmittel eingesetzt.

7.4.1 Die chlorierten Kohlenwasserstoffe (HCB, Lindan & 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 ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Generell kann gesagt werden, dass die chlorierten Kohlenwasserstoffe nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. HCB und Lindan sind mittlerweile, bis auf ein paar Ausnahmen, unter der Nachweisgrenze. Die Mengen an DDT in den Böden des Bezirks Leibnitz ist mittlerweile auf einem sehr niedrigen Niveau. Die Rückstände werden trotzdem noch über einige Jahrzehnte nachweisbar sein, da DDT extrem persistent im Boden ist. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass chlorierte Kohlenwasserstoff im Bezirk Leibnitz in den Böden noch vorkommen, aber von einer massiven Belastung ist nicht zu sprechen.

Die nachfolgende Abbildung soll veranschaulichen, dass der Abbau von großen Mengen DDT in der ersten Zeit nach Nichtausbringung rasch erfolgt, aber der Abbau von Restmengen im Boden mit einem langen Zeitraum verbunden ist.

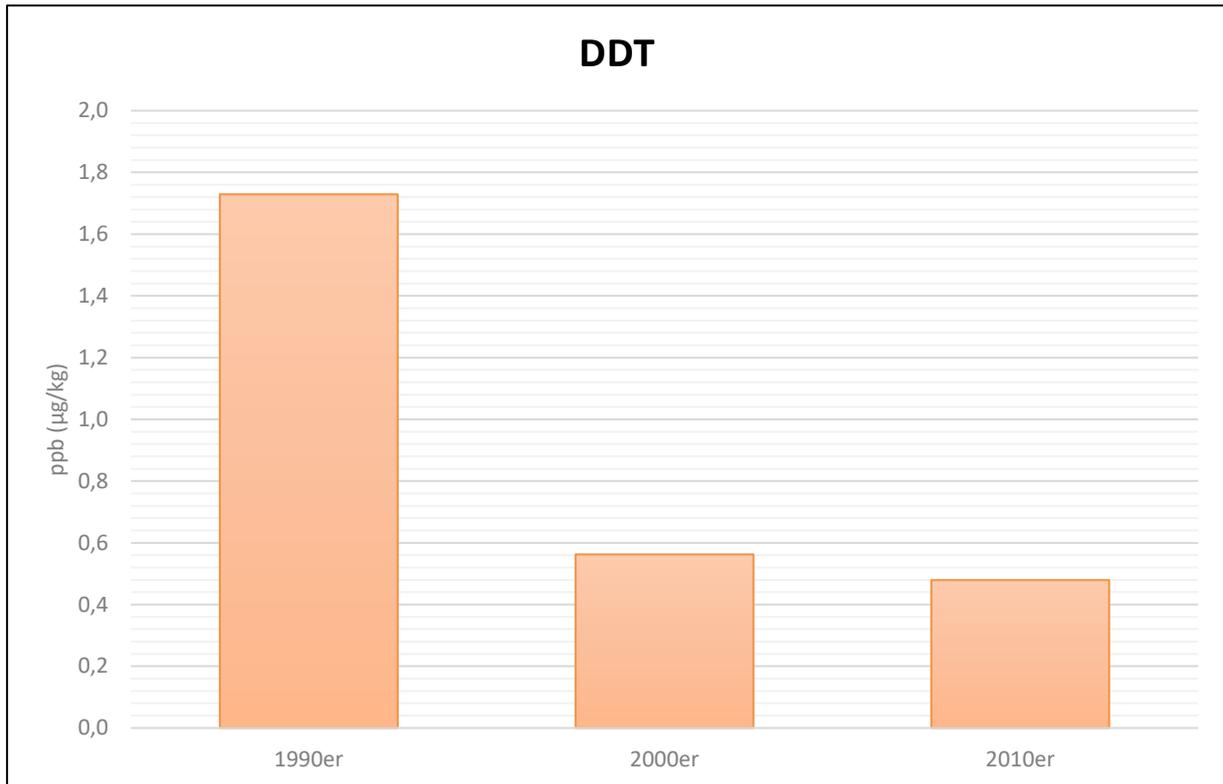


Abbildung 35: Abbau von DDT in den Böden des Bezirk Leibnitz

Rechnet man die in der Abbildung eingezeichnete Trendlinie fort, so ist mit einem Nachweis von DDT bis in die 2030er Jahre zu rechnen. Rein mathematisch wird ein vollständiger Abbau nie stattfinden, in der Praxis wird irgendwann die Nachweisgrenze unterschritten werden. Zu beachten ist, dass die Zahlen in der Tabelle Mittelwerte der letzten Jahrzehnte abbilden und deshalb so geringe Werte in der Achse angegeben sind, daraus folgt, dass an sehr vielen Standorten kein DDT mehr nachweisbar ist.

7.4.2 Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH's)

Allgemeines:

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

In der Natur entstehen PAK z. B. durch Waldbrände und Steppenbrände oder auch Vulkanaktivität. Höhere PAK - Gehalte im Boden sind jedoch größtenteils vom Menschen verursacht. PAK'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 PAK - Einzelsubstanzen (PAK-Profil), dennoch ist eine Verursacherermittlung über den PAK - Gehalt einer Bodenprobe kaum möglich, da das gefundene PAK-Profil immer ein Mischprofil aus mehreren Quellen darstellt. Dennoch ist eine Bestimmung der PAK's im Boden von großem Wert, weil der PAK - 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 PAK's erfolgt über feine Rußpartikel, an welchen die Schadstoffe adsorbiert sind. Besonderes Augenmerk sollte daher der Rußpartikel - Emission aus den Dieselmotoren des ständig wachsenden Schwerverkehrs und der zunehmend großen Anzahl dieselbetriebener PKWs gewidmet werden.

PAK's sind heute ubiquitär verbreitet und werden auch in den entlegensten Alm-Böden 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.

PAK's gelangen zum Beispiel über Verunreinigungen der Umwelt in Lebensmittel. Sie werden in pflanzlichen Lebensmitteln wie Obst und Gemüse nachgewiesen. Vor allem auf der Oberfläche von großblättrigen Gemüsearten sind höhere Gehalte zu finden. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe finden sich auch im Meeresboden und werden von Fischen und Meeresfrüchten wie Muscheln aufgenommen.

PAK's entstehen außerdem in der industriellen Lebensmittelverarbeitung vor allem beim Erhitzen und Trocknen sowie beim Kochen zu Hause. PAK finden sich in gebratenen, gegrillten, getrockneten oder geräucherten Lebensmitteln sowie Fetten und Ölen. Das Trocknen und Rösten von Kaffeebohnen und Teeblättern kann ebenfalls zu hohen Gehalten führen. Durch die schlechte Löslichkeit der PAK in Wasser, sind im fertig gebrühten Kaffee bzw. Tee PAK oft nicht mehr nachweisbar oder nur in sehr geringen Gehalten zu finden.

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

Acenaphthen	Benzo[b]fluoranthen	Fluoranthen
Acenaphthen	Benzo[g,h,i]perylene	Fluoren
Anthracen	Benzo[k]fluoranthen	Indeno[1,2,3-cd]pyren
Benzo[a]anthracen	Chrysen	Naphthalin
Benzo[a]pyren	Dibenzo[a,h]anthracen	Phenanthren & Pyren

Diese 16 PAK werden hauptsächlich und stellvertretend für die ganze Stoffgruppe analysiert. Um die Ergebnisse besser überblicken und interpretieren zu können, werden die Einzelgehalte zu einer „PAK-Summe“ addiert. Höhermolekulare PAK mit vier und mehr Ringen liegen in der Luft und im Boden überwiegend partikelgebunden vor. Niedermolekulare PAK mit zwei und drei Ringen liegen in der Luft hauptsächlich gasförmig vor, im Untergrund gelöst im Sicker- oder Grundwasser.

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.

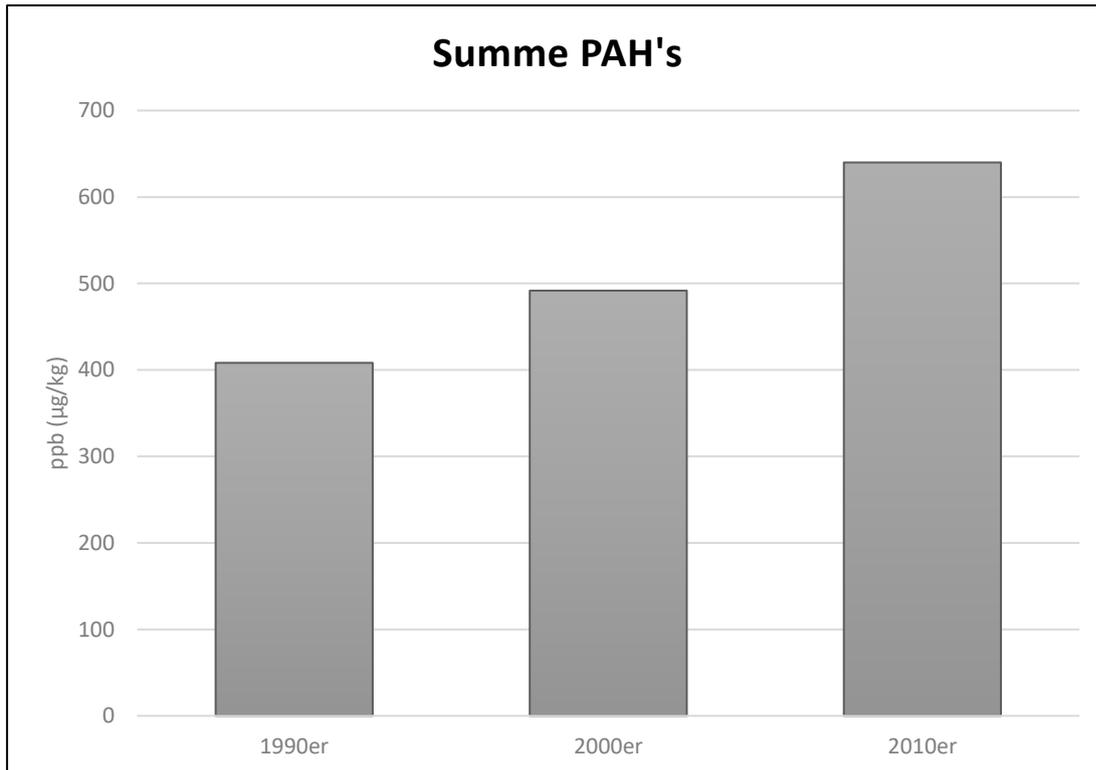


Abbildung 36: Summe der PAH's Belastung im Bezirk Leibnitz

In der obigen Abbildung ist ein deutlicher Anstieg der Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen festzustellen. Eine Erklärung hierfür könnte der stetig zunehmende Schwerkverkehr im Bezirk sein bedingt durch die Ansiedelung von vielen Betrieben in den letzten 30 Jahren. Zu Bedenken ist in diesem Zusammenhang, dass diese Stoffe zwar nicht von der Pflanze als solches aufgenommen werden, wohl aber durch Auswaschungen sich in den Gewässern, Seen und sogar bis in das Grundwasser ausbreiten können. Wird wiederum die Trendlinie betrachtet ist nicht mit einer Stagnation dieser Einträge zu rechnen sondern eher mit einem weiteren Anstieg.

7.4.3 Triazine

Allgemeines:

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

- ✚ Atrazin
- ✚ Simazin
- ✚ Cyanazin
- ✚ Terbutylazin
- ✚ Propazin

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

Die Bestimmung 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).

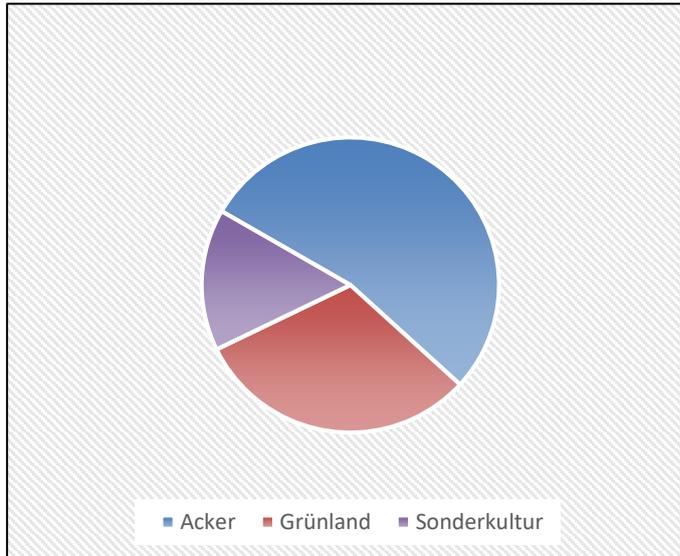
Die Schwankungsbreite der Atrazin Rückstände im Boden kann auf Grund von inhomogener Aufbringung eine relativ hohe lokale Variabilität aufweisen!

Auf Grund der hohen Schwankungen der Rückstände im Boden durch die jahreszeitliche Verteilung und auch der unterschiedlichen Kulturfolge in den Jahren, ist es vollkommen unseriös hier eine Abnahme oder Zunahme dieser Wirkstoffe zu untersuchen. Hierzu müssten jedes Jahr mehrere Proben genommen werden und nicht nur alle 10 Jahre eine Bestandsaufnahme zu diesem Zeitpunkt.

8. Standortnutzung & Versiegelung

Grob gesprochen werden fast zwei Drittel der Bezirksfläche von Leibnitz landwirtschaftlich und ein Drittel forstwirtschaftlich genutzt. Steiermark weit gesehen ist die Verteilung der Nutzungsformen beinahe umgekehrt.

Die landwirtschaftliche Nutzung an den Untersuchungsstandorten des Bodenschutzprogrammes zu Beginn des Programmes Anfang in den 1990er Jahren werden nachstehend kurz dargestellt.



31 Ackerstandorte

18 Grünlandstandorte

9 Sonderkulturen (Wein, Obst, Hopfen)

Abbildung 37: Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Jahr 1991

53 % der Untersuchungsflächen im Bezirk Leibnitz werden ackerbaulich, 31 % als Grünland und 16 % der Standorte werden als Wein- Obst- oder Hopfenkultur genutzt.

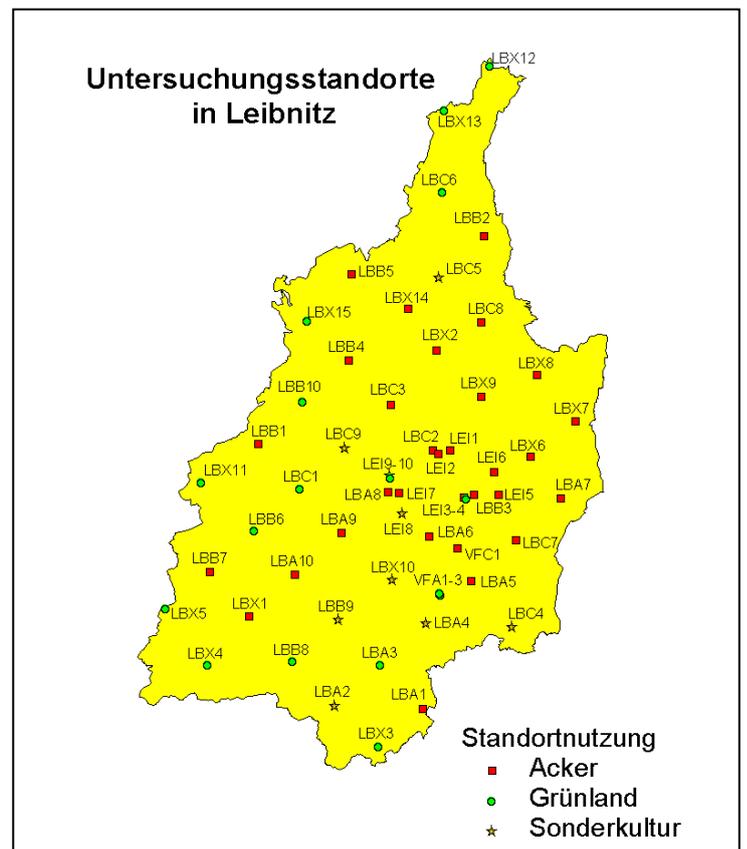


Abbildung 38: Die Lage der Untersuchungsstandorte im Bezirk Leibnitz

Mitte der 2010er Jahre hat sich diese Verteilung etwas geändert und es ist noch ein wesentlicher Faktor hinzugekommen.

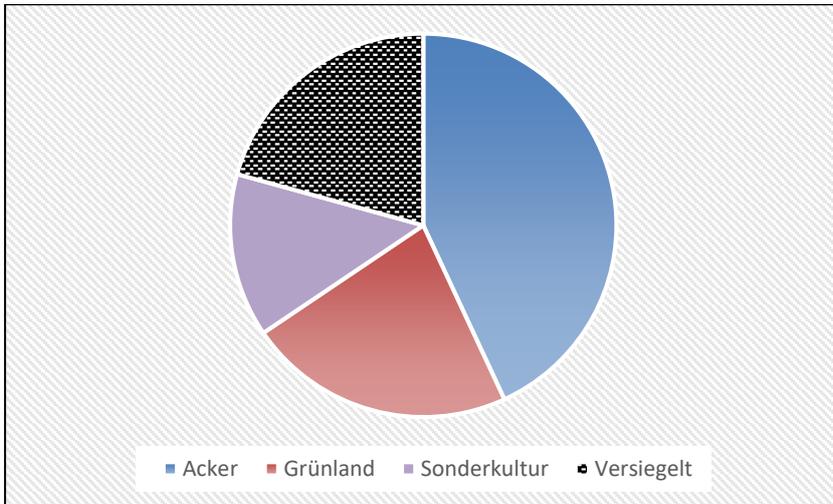


Abbildung 39: Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Jahr 2017

43 % der Untersuchungsflächen im Bezirk Leibnitz werden ackerbaulich, 22 % als Grünland und 14 % der Standorte werden als Wein- Obst- oder Hopfenkultur genutzt. Die restlichen 21 % sind entweder versiegelt worden oder durch anderen menschlichen Einfluss aus der landwirtschaftlichen Produktion genommen worden (z. B. Aufforstungen). Genauer betrachtet wurden nur zwei Standorte aufgeforstet, nämlich LEI 10 und der Standort LBX 15. Alle anderen Standorte wurden durch Bautätigkeit versiegelt.

Bedenklich ist somit, dass fast $\frac{1}{4}$ der landwirtschaftlichen Untersuchungsflächen in den letzten 20 Jahren unwiederbringlich verschwunden sind!

9. Entwicklung des Humus im Bezirk Leibnitz

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.

Der Gehalt an organischer Substanz (bzw. der Humusgehalt) der einzelnen Horizonte eines Bodens und der mittlere Humusgehalt verschiedener Böden variieren in weiten Grenzen und unterliegen außerdem einem jahreszeitlichen Rhythmus. Streuhorizonte haben Gehalte an organischer Substanz nahe 100 %, ihre Gehalte an organischem Kohlestoff (OC) liegen meist zwischen 400 und 450 gkg⁻¹. Die höchsten Konzentrationen und Umsätze der organischen Substanz sind in den Oberböden zu finden. Ah-Horizonte von Wald- und Ackerböden weisen OC-Gehalte von 7,5...20 gkg⁻¹ auf. Höhere Gehalte findet man im obersten Horizont von Böden unter Dauergrünland (bis gegen 150 gkg⁻¹). Die C-Gehalte sind im Unterboden, mit Ausnahme der Kolluvisole und der Auenböden sehr viel niedriger. Sie liegen häufig zwischen 1 und 10 gkg⁻¹. Jüngere Erhebungen zeigen, dass im Unterboden (B- und C-Horizonte) ebenfalls große Mengen organischer Substanz, allerdings in geringen Konzentrationen, gespeichert sind.

Im Boden findet ein ständiger Abbau und Aufbau von Humus statt. In einem stabilen Ökosystem (zum Beispiel Wald, altes Grünland) halten sich beide Vorgänge die Waage, d. h. der Humusgehalt verändert sich kaum. Die Bodenbearbeitung verstärkt den Humusabbau. Deshalb muss eine ausreichende Zufuhr von organischer Substanz (Humusversorgung) erfolgen. Der Einfluss des Ackerbaus auf den Humusgehalt des Bodens lässt sich gut an Grünlandumbrüchen zeigen: Die unter Grünland höheren Humusgehalte sinken in den ersten Jahren der Ackernutzung rasch ab und stellen sich allmählich auf einen von Standort zu Standort unterschiedlichen, niedrigen Wert ein. Bei neuer Aussaat von Grünland nehmen sie allmählich wieder zu. Wenn der Resthumusgehalt, wie er in unseren Ackerböden vorkommt, auch relativ stabil ist, so ist er doch nicht unangreifbar. Er kann zum Beispiel durch den Anbau von humuszehrenden Pflanzen wie Zuckerrüben, Kartoffeln, Silo Mais oder Gemüse heruntergewirtschaftet werden.

Durch die Entdeckung des Edaphons und der Funktionen des Humus gab es die Möglichkeit, nach Alternativen in Form einer organischen Düngung zu suchen, nachdem im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts der mineralische Dünger zunehmend in die Kritik geraten war (siehe Geschichte des Düngers).

Die Zufuhr organischer Substanz erfolgt herkömmlich durch:

- die bei der Ernte auf dem Feld verbleibenden Ernterückstände (Wurzeln, Stoppeln, Stroh, Sprossmasse),
- den gezielten Anbau von Zwischenfrüchten zur Gründüngung
- Wirtschaftsdünger (Mist, Gülle, Kompost, Klärdünger)
- Rindenhumus

Die Menge der dem Boden zugeführten organischen Substanz wird von der angebauten Pflanzenart und der Ernteweise bestimmt. Es kommt weniger darauf an, dass dem Boden Nährstoffe

in großen Mengen zugeführt werden, sondern dass sie vom Boden „verarbeitet“ werden können. Ernterückstände, Zwischenfrüchte, Stallmist und Gülle sind in ihrer Wirkung auf den Humusgehalt unterschiedlich zu bewerten. Bei Ernterückständen handelt es sich um zersetzbare Substanzen, deren Abbau umso schneller erfolgt, je weicher (weniger verholzt) und eiweißreicher sie sind.

Zusammenfassend kann gesagt werden. Der Gehalt an organischer Substanz in einem Boden ist abhängig von klimatischen Faktoren (Temperatur, Niederschlag, Trockenphase, Kältephase) und Bodeneigenschaften (pH-Wert, Tongehalt). Die genannten Faktorengruppen haben in unterschiedlicher Weise Einfluss auf die primäre Biomasseproduktion, den Abbau und die Stabilisierung der organischen Substanz. Die an einem Standort vorgefundene Menge an organischer Substanz müssen wir verstehen als Bilanz von Auf- und Abbauprozessen, die heute stark vom Menschen beeinflusst sind.

Die Bestimmung des Humusgehaltes erfolgt nach ÖNORM L1080 (Boden- und Abfallbeschaffenheit - Bestimmung des organischen Kohlenstoffs und des Humusgehalts durch trockene Verbrennung unter Berücksichtigung der Carbonate und des elementaren Kohlenstoffs).

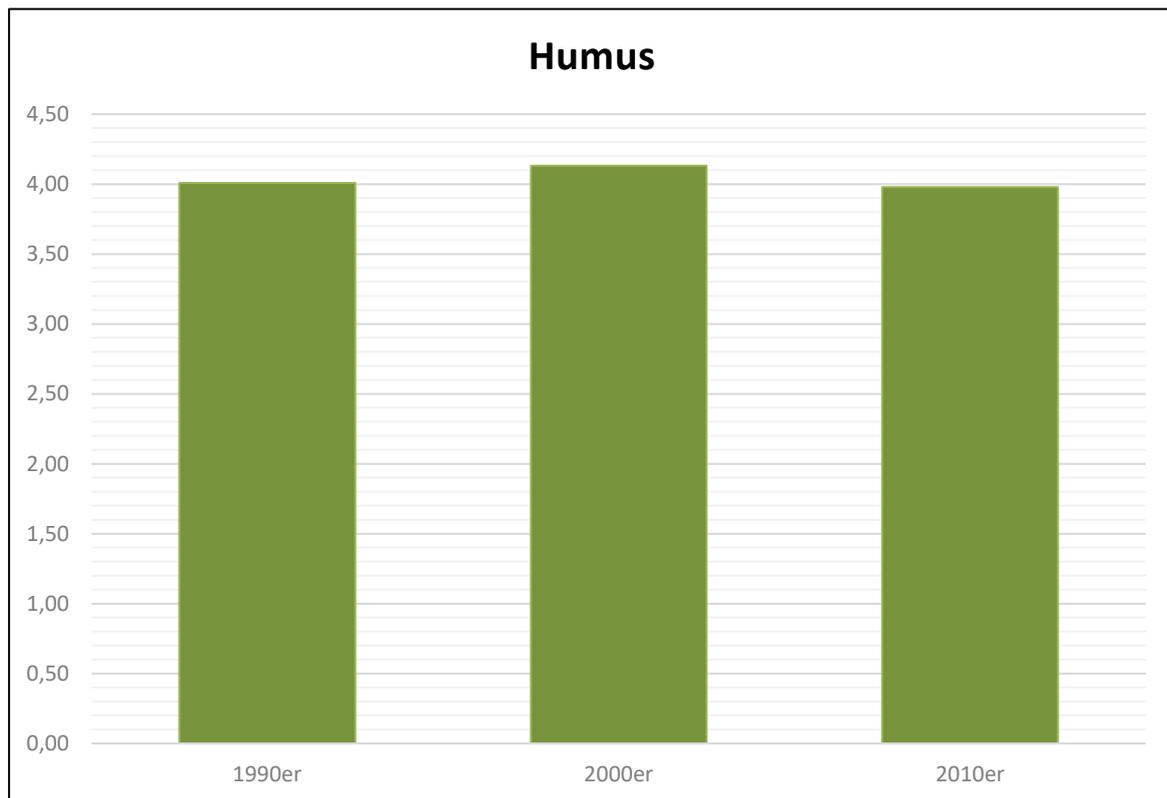


Abbildung 40: Veränderung des mittleren Humusgehaltes der Böden im Bezirk Leibnitz

Der Gehalt an Humus im Bezirk Leibnitz ist über den Beobachtungszeitraum von mittlerweile über 30 Jahre nahezu gleichgeblieben. Dieser Gehalt lässt sich durch den hohen Ackerbauanteil der landwirtschaftlichen Nutzung in diesem Bezirk erklären hält aber auch gleichzeitig eine Überraschung bereit. In einem Punkt ist diese geringe Schwankung des Humusgehaltes auf Grund der

Messunsicherheit somit nicht statistisch abgesichert, aber grundsätzlich sollte ein Humusgehalt von um die 4 % ein Grund zur Freude sein. Vergleicht man diesen Wert mit anderen Regionen in Europa, so ist im Bezirk Leibnitz schon einiges gelungen umzusetzen. Zwei Punkte sollten aber unbedingt in die Betrachtung der Werte noch miteinfließen.

Erster Punkt ist die Veränderung der Bewirtschaftung der Betriebe. War in den 1980er und 1990er Jahren noch eine Grünlandbewirtschaftung auch in dieser Region der Steiermark verbreitet, so wurde mit der Intensivierung der Betriebe und der Veränderung der Betriebsausrichtung (Schweinemast, Hühnermast, usw.) diese Bewirtschaftungsweise auf Mais Anbau umgestellt. Einhergehend ist somit der Umbruch von Grünland Standorten und der möglichen Verarmung an Humus. Der wirtschaftliche Druck macht allerdings eine Spezialisierung der Betriebe notwendig.

Zweiter Punkt ist die zunehmende Verbauung der landwirtschaftlichen Regionen dieses Bezirkes. Selbst eine Anreicherung des Humus Gehaltes hat wenig Sinn, wenn gleichzeitig Flächen für Industrie, Gewerbe und dergleichen versiegelt werden. Die Diskussion über Kohlenstoffanreicherung in den landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Böden ist deshalb sinnlos. Es muss ein wirklicher Schutz der Böden erfolgen um langfristig die Produktion und den Humus in dieser Region halten zu können.

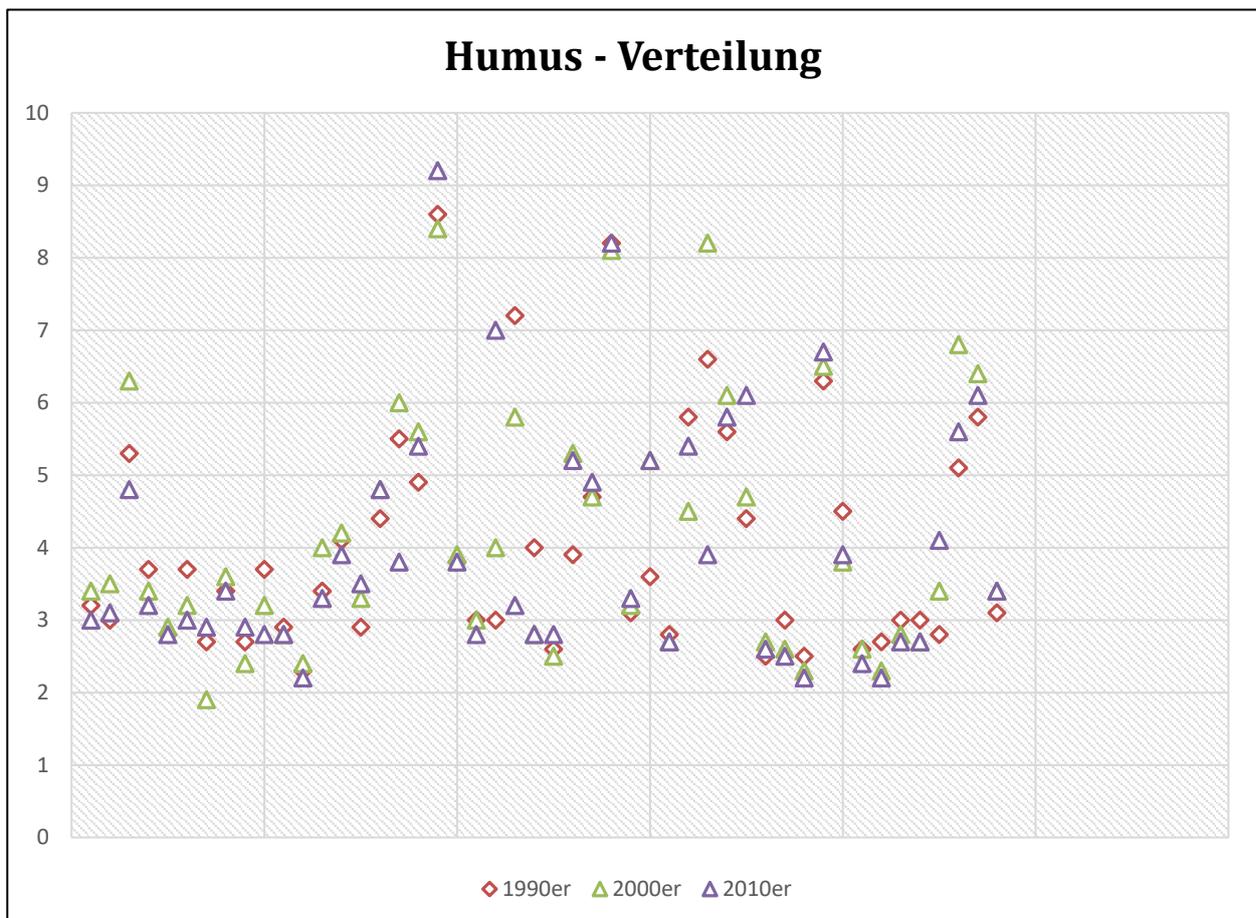


Abbildung 41: Verteilung des Humusgehaltes in % auf die Jahrzehnte und Standorte im Bezirk Leibnitz

10. Bodenbelastung an Tontaubenschießplätzen (Auszug aus dem Bodenschutzbericht 1999)

In der Steiermark gibt es derzeit etwa 15 größere Wurfscheibenanlagen. An zwei dieser Anlagen wurden 1997 im Rahmen der Untersuchungen „potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark“ Standorte eingerichtet um die Auswirkungen des Schießbetriebes auf die landwirtschaftlich genutzten Böden zu untersuchen.

Wie aus einem Bericht des Umweltbundesamtes („Wurftaubenschießen: Auswirkungen auf die Umwelt“, 1995) hervorgeht, kommt es an Tontaubenschießplätzen zu erheblichen Belastungen des Bodens mit diversen Schwermetallen (vor allem Blei) und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH's). Eine Grundwassergefährdung ist dabei nicht auszuschließen.

Der üblicherweise verwendete **Bleischrot** besteht zu 90-95 % aus Blei und enthält nebenbei auch Antimon und Arsen. Bleischrot kann überdies mit Nickel ummantelt sein. Als Blei-Alternative bietet sich Weicheisenschrot an, der jedoch ungünstigere ballistische Eigenschaften aufweist. Um dies auszugleichen muss eine größere Körnung verwendet werden, was wiederum eine stärkere Treibladung erfordert und damit die Lärmbelästigung erhöht.

Die verwendeten **Wurfscheiben** („Tontauben“) enthalten als Bindemittel Steinkohlenteerpech, Asphalt, oder Bitumen und sind daher mit PAH's verunreinigt. Der Farbanstrich der Tontauben enthielt früher Schwermetalle (meist Bleichromat). Heute werden jedoch meist Anstriche auf rein organischer Basis eingesetzt.

Als weitere Verunreinigungen an Schießplätzen fallen Patronenhülsen und Schrotbecher aus Kunststoff an.

Die höchsten Bodenbelastungen durch den Bleischrot findet man auf ebenen Schießanlagen im Bereich 120 – 140 m Entfernung zur Wurfanlage. Der höchste Anteil an Wurftaubensplittern liegt im Bereich von 40 – 60 m.

Schwermetalle in Tontauben:

Es wurden stichprobenartig zwei verschieden gefärbte Tontauben, welche derzeit verwendet werden auf ihre Schwermetallgehalte hin analysiert.

Schwermetallgehalte in Tontauben (mg/kg):

Element	Tontaube (orange)	Tontaube (gelb)
Kupfer (Cu)	1,2	2,3
Zink (Zn)	33,4	27,6
Blei (Pb)	23,8	39,6
Chrom (Cr)	1,6	5,4
Nickel (Ni)	1,6	0,9
Kobalt (Co)	1,2	0,4
Molybdän (Mo)	0,59	1,41
Cadmium (Cd)	0,75	0,69
Quecksilber (Hg)	0,02	0,03
Arsen (As)	3,2	2,2

Die gefundenen erhöhten Gehalte an Zink, Blei, Molybdän und Cadmium entsprechen üblichen Umwelt-Schadstoffwerten im Boden und dürften daher nicht aus der verwendeten Farbe, sondern eher aus dem zur Herstellung der Tontauben verwendeten Gesteinsmehl stammen.

Wurftaubenstand Gamlitz

Die Schießanlage in Gamlitz (Bezirk Leibnitz) ist seit etwa 30 Jahren in Betrieb. In Schussrichtung befindet sich eine 15 Grad steil abfallende Grünfläche, welche derzeit landwirtschaftlich zu Futter- und Weidezwecken (Pferde) genutzt wird. Nach ca. 100 m ab dem Wurfstand befindet sich ein Wald.

Der Großteil des Bleischrots geht im Wald nieder und wurde bei den Untersuchungen im Rahmen des landwirtschaftlichen Bodenschutzprogrammes nicht erfasst.

Es wurden drei Untersuchungsstellen eingerichtet:

VFA 1: 40 m von der Wurfanlage entfernt

VFA 2: 80 m von der Wurfanlage entfernt

VFA 3: Kontrollpunkt seitlich hinter der Wurfanlage

Untersuchungsergebnisse:

Überschreitungen der Normalwerte findet man nur beim Element Blei (VFA 1+2).

Die festgestellten Überschreitungen des Normalwertes für **Blei** im Boden sind minimal. Die Belastungen befinden sich nur im Oberboden und betreffen am Standort VFA 2 nur ein Untersuchungs-jahr.

Um den Einfluss des Schießbetriebes auf den Boden feststellen zu können, werden nun die gemessenen Mittelwerte (Erst- und Wiederholungsjahr) der Schadstoffgehalte im Oberboden gegenübergestellt.

Vergleich der Schwermetallgehalte (in mg/kg) und PAH (in ng/g) im Oberboden:

Schadstoff	VFA 1 (40 m)	VFA 2 (80 m)	VFA 3 (Kontrolle)	Normalwert
Kupfer (Cu)	14,7	13,4	18,1	50
Zink (Zn)	58,9	56,5	76,5	140
Blei (Pb)	39,0	27,4	12,0	30
Chrom (Cr)	32,4	29,9	34,0	80
Nickel (Ni)	14,3	14,5	16,8	60
Kobalt (Co)	7,3	7,2	6,6	30
Molybdän (Mo)	0,74	0,82	0,94	1,5
Cadmium (Cd)	0,12	0,12	0,14	0,30
Quecksilber (Hg)	0,11	0,11	0,08	0,25
Arsen (As)	7,6	7,6	6,7	40
Summe PAH	33.549	43.897	270	200

Da der verschossene Bleischrot über die Untersuchungsstandorte hinweg im Wald niedergeht, dürften die im Vergleich zum Kontrollpunkt VFA 3 leicht erhöhten Bleiwerte der Standorte VFA 1 und 2 vom Blei, welches in den Tontaubenscherben enthaltenen ist, stammen.

Der Großteil der Tontaubenscherben geht im Bereich des Standortes VFA 1 nieder. Es wurde jedoch im Zuge von früheren Planierungsarbeiten Bodenmaterial vom Oberhang in den Bereich des Standortes VFA 2 verlagert. Dies erklärt auch die ähnlich extremen **PAH-Gehalte** beider Standorte.

Die beiden Standorte VFA 1 und 2 sind bodenkundlich gesehen Planieböden. An der Untersuchungsstelle VFA 1 werden Tontaubenscherben bis in eine Tiefe von ca. 40 cm gefunden, beim Punkt VFA 2 sogar tiefer als 1 Meter.

Die Verteilung der Tontaubenscherben im Boden ist selbstverständlich sehr inhomogen, sodass es bei der Analyse zu großen Schwankungen zwischen den einzelnen Bestimmungen kommt.

Die folgende Tabelle zeigt die große Schwankungsbreite zwischen Erst- und Wiederholungsuntersuchung, sowie den Einfluss der Planierungsarbeiten auf die Gehaltsabfolge der einzelnen Bodenhorizonte (normalerweise sinkt der PAH-Gehalt mit zunehmender Bodentiefe rasch ab; am Standort VFA 2 ist der unterste untersuchte Horizont sogar stärker belastet als der mittlere).

PAH-Summe (Gehalte in ng/g) in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe und Probenahmejahr:

Tiefe (cm)	Probenahmejahr	VFA 1	VFA 2
0-5	1997	22.488	58.014
0-5	1998	44.610	29.780
5-20	1997	1.178	4.572
20-50	1997	370	12.482

Da es zu keinen Grenzwertüberschreitungen der Schwermetallgehalte im Boden kommt, entfällt eine Untersuchung von Pflanzen.

Um eine eventuelle Gefährdung durch das im Wald abgelagerte Blei bzw. die im Boden festgestellten PAH's erkennen zu können, wurden von der Fachabteilung 17C Wasserproben aus dem belasteten Einzugsbereich untersucht:

Es wurden keine erhöhten Schadstoffgehalte im Wasser festgestellt, sodass nach dem derzeitigen Untersuchungsstand auch keine unmittelbare Gefährdung durch die vom Schießbetrieb ausgehenden Bodenbelastungen erkennbar ist.

11. Bodenschutzberichte

Seit dem Jahr **1988** wurde entsprechend der gesetzlichen Vorgabe dem Landtag Steiermark jährlich ein Bodenschutzbericht zur Kenntnis gebracht.

Bodenschutzberichte 1988 - 1997:

Die ersten zehn Jahre der Berichtslegung behandelten den damals aktuellen Stand der Untersuchungen des Bodenschutzprogrammes.

Bodenschutzbericht 1998 (Steiermark-Raster):

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventur im 4x4 km - Raster (392 Standorte).
Erste Grundlagen für Beurteilungskriterien (Normalwerte, Analysenfehler).

Bodenschutzbericht 1999 (Potentielle Kontaminationsflächen):

Bodenbelastungen auf Grund von geologischen Besonderheiten und Umwelteinflüssen menschlichen Ursprungs (historischer Bergbau, Industrie, Verkehr, Tontaubenschießplätze).

Bodenschutzbericht 2000 (Die Variabilität von Bodenparametern):

Erste Ergebnisse zur Bodendauerbeobachtung (10-Jahreskontrolle von 109 Nichttrasterstandorten) und Ergebnisse des einjährigen Projektes "Untersuchungen zur zeitlichen und örtlichen Variabilität von Bodenparametern".

Bodenschutzberichte 2001 - 2015:

Bezirksweise Zusammenfassung der Ergebnisse der Bodenzustandsinventur.

Bodenschutzbericht 2016: Zusammenfassung des steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzprogrammes aller 1.000 Untersuchungsstandorte.

Bodenschutzbericht 2017: Bodendauerbeobachtung (Konzept).

Bodenschutzbericht 2018: Potentielle Kontaminationsflächen in der Steiermark (Bodendauerbeobachtung der Schadstoffe und Ausdehnung der belasteten Bereiche).

Bodenschutzbericht 2019: Schwermetalle in steirischen Böden

Anforderung von Berichten in Papierform (soweit vorhanden):

Herr DI Nicolás Stohandl, Bakk. techn. BEd
Tel.: 0316-877-6650
E-mail: nicolas.stohandl@stmk.gv.at

Alle Bodenschutzberichte ab 1998 sind als pdf-File im Internet unter <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/10215574/2998692/> zugänglich.

12. Erläuterung der Abkürzungen

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

PAH, PAK Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

ppm „part per million“, z. B.: mg/kg (Milligramm pro Kilogramm)

ppb „part per billion“, z. B.: µg/kg (Mikrogramm pro Kilogramm)

13. Verwendete Literatur und Kartenmaterial

Richtlinie für die sachgerechte Düngung im Ackerbau und Grünland

Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft

7. Auflage, 2017. **Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.**

Steirische Bodenschutzberichte 1988 - 2018.

Schätzungsreinkarte des **Bundesministeriums für Finanzen (BMF)** und des **Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV)**;

Diverse Karten **der Internetapplikation eBOD** des **Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaften (BFW)**;

Österreichische Karte 1:50.000 (ÖK50) des **Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV)**;

Kartenmaterial: © GIS-Steiermark → www.gis.steiermark.at

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Probenarchiv des Referates Boden- und Pflanzenanalytik	8
Abbildung 2: Untersuchungsstandorte des Steiermärkischen landwirtschaftlichen Bodenschutzprogramm	10
Abbildung 3: Beispiel für einen Probenahmeplan	13
Abbildung 4: Probenahme im Grünland	14
Abbildung 5: Pflanzenprobe im Grünland	15
Abbildung 6: Erläuterungen zur Bodenkarte 1: 25.000 der Österreichische Bodenkartierung - Kartierungsbereich Leibnitz (KB 20), Wildon (KB 31) und Arnfels (KB 116); herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft; 1974, 1976 und 1983.	17
Abbildung 7: Extremer Gley in Ackernutzung	20
Abbildung 8: Lockersediment-Braunerde in Ackernutzung	22
Abbildung 9: Typischer Pseudogley in Ackernutzung	23
Abbildung 10: Extremer Pseudogley in Ackernutzung	23
Abbildung 11: durchschnittliche pH-Wert Entwicklung der letzten Jahrzehnte im Bezirk Leibnitz	33
Abbildung 12: Entwicklung des mittleren Kalkgehaltes der Böden im Bezirk Leibnitz	35
Abbildung 13: Entwicklung der Mittelwerte der Phosphor-Gehalte im Bezirk Leibnitz	37
Abbildung 14: Entwicklung der mittleren Kalium Versorgung im Bezirk Leibnitz	39
Abbildung 15: mittlere Magnesium Werte und deren Entwicklung im Bezirk Leibnitz	41
Abbildung 16: Entwicklung der mittleren Bor Versorgung im Bezirk Leibnitz	43
Abbildung 17: Entwicklung der mittleren Kupfer Versorgung im Bezirk Leibnitz	45
Abbildung 18: Entwicklung der mittleren Zink Versorgung im Bezirk Leibnitz	46
Abbildung 19: Entwicklung der mittleren Mangan Versorgung im Bezirk Leibnitz	47
Abbildung 20: Entwicklung der durchschnittlichen Eisen (Fe) Versorgung im Bezirk Leibnitz	48
Abbildung 21: Entwicklung der durchschnittlichen Kalzium (Ca) Versorgung im Bezirk Leibnitz	50
Abbildung 22: Entwicklung der mittleren Natrium (Na) Versorgung im Bezirk Leibnitz	50
Abbildung 23: Entwicklung der mittleren Fluor Versorgung im Bezirk Leibnitz	53
Abbildung 24: Periodensystem der Elemente	54
Abbildung 25: Kupfer (Cu) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	58
Abbildung 26: Zink (Zn) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	59
Abbildung 27: Blei (Pb) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	60
Abbildung 28: Chrom (Cr) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	61
Abbildung 29: Nickel (Ni) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	62
Abbildung 30: Kobalt (Co) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	63
Abbildung 31: Molybdän (Mo) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	64
Abbildung 32: Cadmium (Cd) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	65
Abbildung 33: Quecksilber (Hg) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	67
Abbildung 34: Arsen (As) Entwicklung der letzten 20 Jahre im Bezirk Leibnitz	69
Abbildung 35: Abbau von DDT in den Böden des Bezirk Leibnitz	72
Abbildung 36: Summe der PAH's Belastung im Bezirk Leibnitz	75
Abbildung 37: Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Jahr 1991	77
Abbildung 38: Die Lage der Untersuchungsstandorte im Bezirk Leibnitz	77
Abbildung 39: Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Jahr 2017	78
Abbildung 40: Veränderung des mittleren Humusgehaltes der Böden im Bezirk Leibnitz	80
Abbildung 41: Verteilung des Humusgehaltes in % auf die Jahrzehnte und Standorte im Bezirk Leibnitz	81

IMPRESSUM

Herausgegeben von:

Abteilung 10 Land- und Forstwirtschaft
Abteilungsleiter Mag. Franz Grießer

Inhalt:

A10, Referat Boden- und Pflanzenanalytik
Dipl.-Ing. Nicolás Stohandl, B.techn. BEd

Druck:

A2- Zentrale Dienste