© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

| Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark | Bd. 143 | S. 105–120 | Graz 2014 |
|---|---|---|---|

# Vergleichende Schwermetalluntersuchungen während der Jahre 1984 bis 1991 sowie im Jahre 2003 in Böden von neun ausgewählten Standorten im Immissionsbereich des Fernheizkraftwerks Mellach (Steiermark)

Von Fritz Ornig[1] und Othmar Nestroy[2]
Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle
Angenommen am 27. September 2013

**Summary: Comperative Tests of Contents of Heavy Metals in Soils of nine Sites in the Immission Area of the District Heating Plant Mellach (Styria) during the Years 1984 until 1991, and 2003. –** Topic of this paper is the comperative interpretation of measured heavy metals contents in topsoils on nine sites (six Typische Braunerden, a Carbonathaltige Braunerde, a drained Typischer Gley, a carbonathaltiger Hangpseudogley) in the area of the district heating plant Mellach, situated about 18 km S of Graz, between 1984 and 1991, and in 2003. The data through all replications gained by performing identical methods of analysis show undoubtedly that over the entire period the geogene differences in the tested topsoils are higher than a possible immission from the district heating plant Mellach.

**Zusammenfassung:** Die vergleichende Auswertung von gemessenen Schwermetallgehalten in Oberböden von neun Standorten (sechs weisen Typische Braunerden, jeweils einer eine Carbonathaltige Braunerde, einen entwässerten Typischen Gley und einen carbonathaltigen Hangpseudogley auf) im Bereich des Fernheizwerkes Mellach, rund 18 km südlich von Graz gelegen, bilden den Inhalt dieses Beitrages. Das Datenmaterial, das von identen Analysenmethoden stammt, lässt zum gegenwärtigen Zeitpunkt zweifelsfrei erkennen, dass die geogen bedingten Unterschiede der Schwermetallgehalte in den untersuchten Oberböden im Verlauf dieses Zeitraumes größer sind als eventuelle Immissionen vom Fernheizwerk Mellach.

**Key words**: Heavy Metals, Immissions from Heating Plants, Styria, Austria.

## 1. Einleitung und Arbeitsweise

Im Mittelpunkt dieses Berichtes steht das Fernheizkraftwerk (FHKW) Mellach, das schon vor seiner Errichtung die politischen Gemüter erhitzt hat. Es waren dies vor allem Umweltfragen: Ob und in welchem Maße sich die zu erwartenden Emissionen dieses FHKWs im wahrsten Sinne des Wortes auf die Umgebung niederschlagen werden. Diskussionspunkt waren zunächst zeitweise starke Aschendepositionen rund um die damals noch nicht umgerüsteten alten kalorischen Kraftwerke Werndorf und Mellach. Deshalb wurden schon vor Baubeginn dieses FHKWs die umfangreichen und von der Behörde für die Betriebsbewilligung verlangten Beweissicherungsverfahren be-

1 Mariagrünerstraße 131, 8043 Graz.
2 Corr. author: Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, 8010 Graz. E-Mail: o.nestroy@tugraz.at

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

züglich Schwermetalle, d.s. Metalle mit einer Dichte von > 5 g.cm$^{-3}$, im Wesentlichen Blei, Cadmium, Chrom, Eisen, Kobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Platin, Quecksilber, Thallium und Zink, vom hiezu berufenen F. Ornig, als „ständig gerichtlichen beeideten Sachverständigen für die Landwirtschaft" vorgenommen und im Jahre 1988 abgeschlossen (Ornig 1988). Diese Analysen, die die Schwermetallbelastungen vor und nach der Inbetriebnahme des FHKWs in den Jahren 1987/88 dokumentieren sollten, stellen heute eine fast einmalige Datengrundlage aus den Jahren 1984 bis 1991 dar, auf die zurückgegriffen werden konnte. Der Versuch, die Daten mit solchen aus den Jahren 2003 zu vergleichen, war nicht nur logisch, sondern auch reizvoll. Dank des Entgegenkommens der VERBUND-Austrian Thermal Power GmbH & Co KG, Nachfolgerin der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts AG (STEWEAG), wurde die Erlaubnis erteilt, die in Form eines Gutachtens (AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 1986) erfassten Daten von Bodenproben der Jahre 1984 bis 1991 zu verarbeiten und auch zu publizieren.

Nach Rücksprache mit der VERBUND-Austrian Thermal Power GmbH & Co KG und der Bewilligung dieses Projekts wurden am 17. September 2003 von den beiden Autoren an den noch verbliebenen, d.h. nicht verbauten oder nicht unter einer anderen landwirtschaftlichen oder außerlandwirtschaftlichen Nutzungsart stehenden, neun charakteristischen Standorten jeweils Bodenproben aus dem Oberboden (0–30 cm) gezogen und sogleich an das Landwirtschaftliche Versuchszentrum, Boden- und Pflanzenanalytik, in Graz gebracht. Diese wurden aufbereitet und analysiert und bereits am 9. Oktober lag der Untersuchungsbericht (GZ: FA10B-B-B 5348/2003) vor. Die Daten dieser Untersuchungen im Vergleich mit jenen der Jahre 1984–91 sowie deren Stellung zu den durch Verordnung festgelegten Limits (VERORDNUNG DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2003 sowie ÖNORM L 1075) bilden den Inhalt dieses Aufsatzes. Um einen exakten Vergleich anstellen zu können, müssen, beginnend bei der Probenahme, auch die übrigen Rahmenbedingungen gleich oder nahezu gleich sein; dies bezieht sich vor allem auf die Analytik. Dazu ist festzuhalten, dass die Bestimmung der Korngrößenverteilung nach der ÖNORM L 1061 mit der Auswertung nach dem Texturdreieck der Bodenschätzung, des organischen Kohlenstoffs nach der ÖNORM L 1081, des Stickstoffs nach der ÖNORM L 1082, des pH-Wertes nach der ÖNORM L 1083 und des Carbonatgehaltes nach der ÖNORM L 1084 sowie der Säureextrakt zur Bestimmung von Schadelementen nach der ÖNORM L 1085, jeweils zitiert nach der letzten Fassung, durchgeführt wurden und somit die Vergleichbarkeit der erhaltenen Werte gegeben ist.

## 2. Beschreibung der untersuchten Standorte sowie der bestimmenden Bodenprofile

### 2.1 Geographische Lage

Das FHKW befindet sich im südlichen Bereich des Grazer Feldes, auf der orographisch linken Murseite, rund 18 km südlich von Graz, in rund 300 m über der Adria bei Triest (ü.d.A.), in der Ried Au der KG Mellach. Die Situierung dieses FHKWs selbst wurde in der zwischen der Mur im Westen und dem Kollischberg im Osten sich nach Süden verengenden, linksseitigen Aulandschaft der Mur gewählt. Deshalb wurden nördlich des FHKWs die Terrassenflächen beiderseits der Mur mit ihren Aulandschaften bis in die Nähe von Graz in die kontrollierenden Beobachtungen einbezogen. Gegen Westen erstreckte sich das zu beobachtende Gebiet nicht nur auf die Aulandschaft der

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

Mur und die anschließenden Terrassensysteme, inklusive den Kaiserwald, sondern auch auf das von Nordwesten einmündende Kainachtal mit seiner Aulandschaft und seinen Terrassensystemen. Da nach Osten die Tallandschaft zwischen Mur und dem beginnenden oststeirischem Hügelland sehr beengt ist, musste nicht nur diese, sondern auch das stark reliefierte tertiäre Hügelland berücksichtigt werden. Schließlich war nach Süden, bedingt durch die Enge von Wildon, nicht nur diese infolge ihrer Düsenwirkung, sondern das südlich davon anschließende Leibnitzer Feld mit dem östlich davon gelegenen tertiären Hügelland in die Beweissicherung einzubeziehen.

### 2.2 Klimatische Situation

Das Grazer Becken zählt zu den windärmsten Gebieten Österreichs, doch sind im Frühjahr, Herbst und Winter Winde aus dem Nordwesten, in den Sommermonaten hingegen aus dem Süden zu erwarten. Dabei ist die Lage des FHKWs knapp nördlich der Enge von Wildon (Düsenwirkung) mit den örtlichen Auswirkungen besonders zu berücksichtigen. Ein weiteres Moment sind die in dieser Beckenlage zu erwartenden Inversionen, die gerade während der Heizperiode über längere Zeit auftreten können. Diese Kaltluftseen reichen bis in rund 700 m Höhe, der durch die Enge von Wildon bedingte Kaltluftstau bis in eine Höhe von 80 m über dem Talboden.

### 2.3 Geologisch-morphologische Situation

Das Grazer Feld sowie das südlich anschließende und hier zur Diskussion stehende Leibnitzer Feld sind von der Mur geprägt. Diese hat, aus nördlicher Richtung kommend und das Grazer Päläozoikum durchbrechend, in diesen Bereichen mächtige Schotterterrassen akkumuliert. In diesen Murniederungen dominiert neben einer relativ schmalen holozänen Austufe, die aus einem Schotterkörper mit geringmächtigen Sanden und Schluffen als Deckschichten aufgebaut ist, die würmzeitliche, nahezu brettebene Niederterrasse. Diese ist durch erosiv angelegte Teilfelder schwach gegliedert und zeigt gegen die tiefere Austufe, die höher gelegenen Quartärterrassen sowie gegen das tertiäre Hügelland scharfe Ränder. Der Aufbau der Niederterrasse ist, wie schon oben skizziert, relativ einheitlich: Über dem tertiären Untergrund, bestehend aus badensischen Schluffen, Sanden und Kalken, liegt ein mehr oder weniger 5 bis 7 m mächtiger Schotterkörper, über den eine durchschnittlich 1 m, maximal jedoch 2 m mächtige Feinsanddecke sedimentiert worden ist. Die Qualität der daraus entstandenen Böden hängt einerseits von der Mächtigkeit der Feinsedimentdecke, andererseits vom Tongehalt derselben ab. Die vorwiegend gegen Westen, teils aber auch gegen Osten an die eben beschriebene Niederterrasse anschließenden älteren Quartärterrassen, es sind dies die risszeitlichen Terrassen um Weitendorf, Stangersdorf, Afram und St. Georgen sowie die der Mindel-Kaltzeit zugeschriebene Kaiserwaldterrasse, lassen den gleichen Aufbau erkennen, allerdings mit dem entscheidenden Unterschied, dass diese zusätzlich noch von einer Staublehmdecke bedeckt sind. Diese äolische Auflage besteht zu 60–70% aus Schluffen, die für die Bodenbildung auf diesen Standorten von eminenter Bedeutung sind. In der weiteren Folge schließt gegen Osten und Westen das tertiäre Hügelland an, das vorwiegend aus marinen Feinsedimenten aufgebaut ist. Infolge der sich mehrmals wiederholenden periglaziären Bedingungen entstand ein morphologisch sehr stark gegliedertes Relief. Die Bodenentwicklung ist deshalb in diesen Bereichen nicht allein substratbedingt, sondern die jeweilige morphologische Position prägt auch das Bodenprofil.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

### 2.4 Bodenkundliche Situation

Im Kräftespiel der eben dargestellten geologischen, morphologischen und klimatischen Faktoren können im Bereich des FHKWs folgende Bodenassoziationen festgestellt werden:

- In der schmalen Aulandschaft beiderseits der regulierten Mur treten grundwasserbeeinflusste Böden auf, repräsentiert durch die Standorte 3 und 4.
- Auf den verschiedenen Teilfluren der würmzeitlichen Niederterrasse beiderseits der Mur treten nur terrestrische Bodenbildungen auf, da das Grundwasser durchwegs zwei bis mehrere Meter unter Flur liegt und weder für die Pflanzenwurzel noch für die Bodenbildung von großer Bedeutung ist. Auf diesen Standorten haben sich aus den Feinsedimentauflagen, d.s. schwach lehmige bis stark lehmige Sande von 0,5 bis 2 m Mächtigkeit über dem würmzeitlichen Schotterkörper, seicht- bis mittelgründige Typische Braunerden entwickelt. Die Standorte 7 und 8 sind dafür repräsentant.
- Auf den höheren (= älteren) quartären Terrassen, nämlich auf den Resten der risszeitlichen Hochterrasse (in Bereichen von Weitendorf, Stangersdorf und Afram) sowie im Bereich des Kaiserwaldes findet man ausschließlich terrestrische Bodenbildungen. Der Aufbau ist folgender: Über dem quartären Schotterkörper wurden jüngere Decklehme mit Mächtigkeiten von 0,5 bis 3 m akkumuliert, darüber äolische Staublehmdecken mit sehr hohen Schluffgehalten (60–70%). Je nach der Mächtigkeit des Staublehmpakets, der Zunahme der Dichtlagerung und der damit einhergehenden Pseudovergleyung haben sich hoch- bis geringwertige Standorte entwickelt. Aufgrund der kolluvialen Beeinflussung sind die Standorte 1 und 9, obwohl diese nicht auf den höheren Terrassen liegen, repräsentant.
- Im tertiären Hügelland findet man auf den langgestreckten Rücken und Hängen ebenfalls nur terrestrische Bodenbildungen, in den Senken und Mulden sowie Tälchen hingegen kolluviale Böden, die in der Regel hangwasserbeeinflusst sind. Auf den meist äußerst kupierten Lagen können infolge des auf engstem Raum stark wechselnden Substrats – so von Sand über Schluff bis Ton – die unterschiedlichsten Bodenbildungen auftreten. Repräsentant für diesen Bereich sind die Standorte 2, 5 und 6. In Senken, Mulden und Tälchen kommt es oft auf den meist schweren und zur Dichtlagerung neigenden Schluffen und Tonen unter Einwirkung von Hang-, Grund- oder Tagwasser zur Ausbildung von Pseudogleyen und Gleyen unterschiedlichster Prägung.

## 3. Beschreibung der einzelnen Standorte und Bodenprofile (vgl. Abbildung 1)

**Standort und Bodenprofil 1**: KG Grambach, westlich des Ortsgebietes in 349 m ü.d.A., rund 11,5 km nördlich des FHKWs.

Diese kolluvial beeinflusste Typische Braunerde (bodentypologische Bezeichnungen nach Nestroy et al. 2011) auf der Niederterrasse mit der Bodenformel der Bodenschätzung sL 1 D und der Wertzahl 77/76 ist eine hochwertige Acker-Grünlandlage mit besonders hohem Puffer- und Filtervermögen. (Erläuterungen zu den Bodenformeln sind in Pehamberger & Stich 2009 zu finden). Dieser Standort wurde deshalb ausgewählt, um die Übergangszone zwischen möglicher Beeinflussung durch Emission aus dem Stadtgebiet und eventuell einer solchen aus dem FHKW am linken Murufer zu erfassen.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

Profilbeschreibung

| | |
|---|---|
| Ap | 0–30 cm: stark lehmiger Sand, geringer Grobanteil (Kies), humos, deutlich mittelkrümelig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| AB1 | 30–70 cm: stark lehmiger Sand, geringer Grobanteil (Kies), schwach humos, deutlich mittelblockig, kalkfrei, übergehend |
| AB2 | 70–100 cm: sandiger Lehm, humusfleckig, deutlich feinblockig, Reaktion: sauer, kalkfrei, übergehend |
| Bg | 100–110 cm+: sandiger Lehm, undeutlich mittelblockig, schwach fahlfleckig, kalkfrei. |

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–30 | 34 | 54 | 12 | 2,2 | 0,18 | 7 | 5,8 | 0 |
| 70–100 | 44 | 39 | 17 | 0,4 | 0,06 | – | 4,9 | 0 |

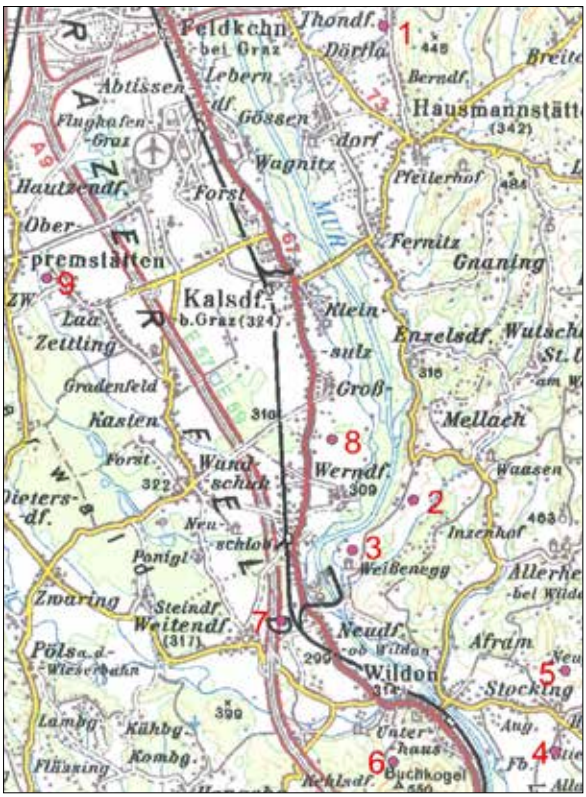



Abb. 1: Lage der untersuchten Standorte (Kartengrundlage AMap 1:200 000; © BEV 2014, Vervielfältigt mit Genehmigung des BEV – Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, T2014/104662).

Fig. 1: Localisation of the study sites (Austrian Map, scale 1:200 000.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

**Standort und Bodenprofi1 2**: Mellach, Dillach-Murberg, rund 2 km nordöstlich des FHKWs in 380 m ü.d.A.

Diese Typische Braunerde aus tertiären Lockersedimenten trägt nach der Bodenschätzung die Bodenformel SL 4 D – 50/48 und stellt somit einen mittelwertigen Acker-Grünlandstandort mit gutem Puffervermögen dar. Dieser Standort soll, in der Hauptwindrichtung zum FHKW liegend, ostschauende Flächen charakterisieren. Das entsprechende Bodenprofil kann folgendermaßen beschrieben werden:

| | |
|---|---|
| Ap | 0–20/25 cm: schluffiger Sand, humos, undeutlich mittelkrümelig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Bg1 | 20/25–40 cm: sandiger Schluff, schwach humos, undeutlich feinkrümelig, einzelne Fahlflecken, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Bg2 | 40–60 cm: lehmiger Schluff, undeutlich mittelblockig, schwach fahlfleckig, kalkfrei, übergehend |
| Bg3 | 60–100 cm: lehmiger Schluff, deutlich grobblockig, fahlfleckig, kalkfrei. |

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/ clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–20/25 | 35 | 49 | 16 | 2,2 | 0,17 | 8 | 5,7 | 0 |
| 20/25–40 | 16 | 74 | 10 | 0,1 | 0,03 | – | 6,1 | 0 |

**Standort und Bodenprofil 3**: KG Mellach, Ried Obere Austufe.

In 303 m ü.d.A. und rund 0,5 km nördlich des FHKWs gelegen, weist diese Carbonathaltige Braunerde aus Alluvionen der Mur nach der Bodenschätzung die Bodenformel lS/Scho 3 Al – 48/50 auf. Dieser mittelwertige Acker-Grünlandstandort mit hohem Humusgehalt, optimalem pH-Wert und gutem Puffervermögen wurde deshalb ausgewählt, um eine vorwiegend ackerbaulich genutzte in unmittelbarer Nähe befindliche landwirtschaftliche Produktionsfläche bewerten zu können. Auf diese Weise soll ein Naheffekt, im Besonderen bei Anfahren oder Herunterfahren des FHKWs, erfasst werden. Das für diese Fläche repräsentative Bodenprofil kann folgendermaßen beschrieben werden:

| | |
|---|---|
| Ap | 0–30 cm: schluffiger Sand, geringer Grobanteil (Kies), humos, deutlich mittelkrümelig, Reaktion: neutral, kalkhaltig, übergehend |
| Bh | 30–60 cm: schluffiger Sand, geringer Grobanteil (Kies), schwach humos, undeutlich mittelblockig, Reaktion: neutral, kalkhaltig, übergehend |
| Cn | 60–100 cm+ Kies und Schotter in Sandpackung, kalkhaltig. |

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/ clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–30 | 44 | 49 | 7 | 3,3 | 0,06 | 32 | 6,9 | 2,5 |
| 30–60 | 40 | 55 | 5 | 0,8 | 0,09 | – | 7,2 | 2,7 |

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

**Standort und Bodenprofil 4:** KG Stocking, Ried Murwiesen.

Dieser entwässerte Gley, ein Acker-Grünland-Standort, entwickelte sich aus Alluvionen der Mur und liegt rund 6 km südlich des FHKWs und rund 3 km südlich der Enge von Wildon in 292 m ü.d.A. Aufgrund dieser Lage stellt er eine sehr gute Beweissicherungsfläche hinsichtlich einer eventuell auftretenden Düsenwirkung der Abgase des FHKWs dar. Es ist dies ein Standort mit einer mittleren Bonität, einem mittleren Humusgehalt und günstigem pH-Wert, jedoch mit einem dicht gelagertem Untergrund. Die Bodenformel nach der Bodenschätzung lautet: sL/LT 4 Al – 54/50. Der Profilaufbau sieht folgendermaßen aus:

| | |
|---|---|
| Ap | 0–25/30 cm: sandiger Schluff, humos, undeutlich mittelkrümelig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Gr | 25/30–45 cm: sandiger Schluff, humusfleckig, undeutlich mittelblockig, Fahlflecken und einzelne Rostflecken, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Go,r | 45–75 cm: lehmiger Schluff, undeutlich grobblockig, schwach verdichtet, zahlreiche Fahl- und Rostflecken, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Go | 75–100 cm+: lehmiger Schluff, deutlich grobblockig, dicht, zahlreiche Eisen- und Mangankonkretionen, Fahl- und Rostflecken, kalkfrei. |

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/ clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–25/30 | 19 | 73 | 8 | 4,0 | 0,31 | 7 | 6,3 | 0 |
| 25/30–45 | 11 | 76 | 13 | 1,7 | 0,15 | 7 | 6,5 | 0 |
| 45–75 | 17 | 64 | 19 | 1,9 | 0,12 | – | 6,4 | 0 |

**Standort und Bodenprofil 5:** KG Hart, Aframberg.

Dieser Standort liegt am Westrand des oststeirischen Hügellandes, rund 5 km südöstlich des FHKWs und 0,5 km westlich von Neudorf auf einem steil gegen Südwesten geneigten Hang in 355 m ü.d.A. Er ist für die in der Hauptwindrichtung situierten Extremlagen, die noch durch die vom Wildoner Berg bedingten Düsenwirkung beeinflusst werden können, charakteristisch. Nach der Bodenschätzung lautet die Bodenformel dieses carbonathaltigen Hangpseudogleys, bei dem der Schluffgehalt wie auch die Dichtlagerung im Unterboden beträchtlich zunehmen, L/T III a3 – 36/25; es ist dies ein mittelwertiger Grünlandstandort (Obstbau). Das Bodenprofil zeigt folgenden Aufbau:

| | |
|---|---|
| A | 0–10/15 cm: schluffiger Lehm, stark humos, undeutlich mittelkrümelig, Reaktion: neutral. kalkhaltig, übergehend |
| P | 10/15–45 cm: schluffiger Lehm, schwach humos, undeutlich mittelblockig, dicht, fahlfleckig, Reaktion: neutral, schwach kalkhaltig, übergehend |
| SC | 45–100 cm+: lehmiger Schluff, deutlich grobblockig, sehr dicht, Reaktion: alkalisch, stark kalkhaltig. |

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/ clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–10/15 | 16 | 59 | 25 | 6,4 | 0,42 | 9 | 7,1 | 3,4 |
| 10/15–45 | 13 | 59 | 28 | 1,7 | 0,05 | – | 7,1 | 1,4 |
| 45–100+ | 4 | 71 | 25 | 0 | 0,22 | – | 7,6 | 6,6 |

**Standort und Bodenprofil 6:** KG Unterhaus, Leximihof.

Dieser auf der rechten Murseite am Nordabfall des Buchkogels, rund 4 km südlich des FHKWs in 410 m ü.d.A. gelegene Standort repräsentiert die landwirtschaftlichen Produktionsflächen mit Intensivobstbau. Diese liegen einerseits am Prallhang der Hauptwindrichtung (Nord–Süd), andererseits über der tieferen Inversionsschicht. Sollte es zu Schadstoffbeeinflussungen durch das FHKW kommen, so zählen diese Lagen vermutlich zu den gefährdesten Standorten. Infolge der günstigen Textur wie auch durch die Tiefkrumigkeit lautet nach der Bodenschätzung die Bodenformel L II a2 – 58/58 und das Bodenprofil dieser hochwertigen Typischen Braunerde aus tertiären Feinsedimenten setzt sich folgendermaßen zusammen:

| | |
|---|---|
| Ap | 0–20/25 cm: sandiger Schluff, humos, deutlich mittelkrümelig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| AB | 20/25–40 cm: lehmiger Schluff, schwach humos, undeutlich mittelblockig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Bh | 40–50 cm: lehmiger Schluff, humusfleckig, deutlich mittelblockig, einzelne Eisen- und Mangankonkretionen, einige Fahlflecken, übergehend |
| Bg | 50–100 cm+: lehmiger Schluff, undeutlich grobblockig, mehrere Eisen- und Mangankonkretionen, einige Fahlflecken, kalkfrei. |

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/ clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–20/25 | 14 | 73 | 13 | 2,6 | 0,19 | 8 | 6,3 | 0 |
| 20/25–40 | 12 | 63 | 25 | 0,5 | 0,30 | – | 6,1 | 0 |

**Standort und Bodenprofil 7:** KG Weitendorf, Kleinweitendorf.

Dieser mittelwertige Standort einer Typischen Braunerde aus Feinsedimenten der tiefsten (= jüngsten) Teilflur der Niederterrasse liegt rund 2 km südlich des FHKWs und nur 40 m östlich der Autobahn in rund 315 m ü.d.A. Dieser im südlichen Teil der Grazer Feldes auf der rechten Murseite knapp nördlich der Einmündung der Kainach ausgewählte mittelwertige Standort soll die in der Hauptwindrichtung nahe des FHKWs gelegenen landwirtschaftlich genutzten Produktionsflächen erfassen. Das Bodenprofil mit der Bodenformel nach der Bodenschätzung lS/Scho 4 D – 37/40 kann folgendermaßen beschrieben werden:

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

| | |
|---|---|
| Ap | 0–25/30 cm: schluffiger Sand, mäßiger Grobanteil, (Kies), humos, undeutlich feinkrümelig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| AB | 25/30–40 cm: schluffiger Sand, hoher Grobanteil (Kies), schwach humos, undeutlich feinblockig, Reaktion: neutral, kalkfrei, übergehend |
| BC | 40–60 cm: lehmiger Sand, mäßiger Grobanteil (Kies), undeutlich mittelblockig, kalkfrei, übergehend |
| Cn | 60–80 cm+: Schotter und Kies in Sandpackung, kalkfrei. |

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/ clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–25/30 | 39 | 49 | 12 | 3,3 | 0,21 | 9 | 6,5 | 0 |
| 25/30–40 | 60 | 31 | 9 | 1,5 | 0,11 | – | 6,6 | 0 |

**Standort und Bodenprofil 8:** KG Werndorf, Steinäcker.

Dieser hochwertige Ackerstandort einer Typischen Braunerde aus Feinsedimenten der tiefsten (= jüngsten) Teilflur der Niederterrasse befindet sich im südlichen Teil des Grazer Feldes, rund 1 km nördlich von Werndorf und rund 2,5 km nördlich des FHKWs. Die Bodenformel dieses in 312 m ü.d.A. liegenden Bodenprofils mit der folgenden Beschreibung lautet nach der Bodenschätzung: SL/Scho 2 D – 60/62:

| | |
|---|---|
| Ap | 0–25 cm: schluffiger Sand, geringer Grobanteil (Kies), humos, undeutlich feinkrümelig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| AB | 25–60 cm: schluffiger Sand, geringer Grobanteil (Kies), schwach humos, deutlich mittelblockig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Bh | 60–70 cm: schluffiger Sand, geringer Grobanteil (Kies), humusfleckig, deutlich mittelblockig, kalkfrei, übergehend |
| Bv | 70–80 cm: sandiger Lehm, mäßiger Grobanteil (Kies und Schotter), undeutlich mittelblockig, kalkfrei, übergehend |
| Cn | 80–100 cm+: Kies und Schotter in schluffiger Sandpackung, kalkfrei. |

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/ clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–15 | 41 | 50 | 9 | 2,7 | 0,18 | 9 | 6,2 | 0 |
| 25–60 | 38 | 46 | 16 | 0,9 | 0,07 | – | 6,0 | 0 |

**Standort und Bodenprofil 9:** KG Bierbaum.

Dieser Standort einer Typischen Braunerde aus Feinsedimenten der kolluvial beeinflussten höheren Teilflur der Niederterrasse ist eine hochwertige Ackerlage mit Sonderkulturen, wie z.B. Krautanbau. Dieser im Grazer Feld, südwestlich des Stadtgebietes von Graz, rund 4 km südlich des Autobahnkreuzes Graz-West und rund 8 km nordwestlich des FHKWs und rechtsseitig der Mur in 330 m ü.d.A. gelegene Standort, soll die Übergangszone zwischen einer möglichen Beeinflussung durch Emissionen aus dem Stadtgebiet und solchen, die vom FHKW stammen können, erfassen. Mit der Bodenfor-

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

mel sL/Scho 2 D – 62/63 nach der Bodenschätzung lautet die Bodenprofilbeschreibung folgendermaßen:

| | |
|---|---|
| Ap | 0–30 cm: sandiger Schluff, humos, deutlich mittelkrümelig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Bh | 30–55 cm: sandiger Schluff, geringer Grobanteil (Kies und Schotter), schwach humos, undeutlich mittelblockig, Reaktion: schwach sauer, kalkfrei, übergehend |
| Bg | 55–80 cm: sandiger Lehm, geringer Grobanteil (Kies und Schotter), undeutlich grobblockig, schwach fahlfleckig, kalkfrei, übergehend |
| Cn | 80–100 cm+: Kies und Schotter in schluffiger Sandpackung, kalkfrei. |

Analysendaten

| Tiefe/ depth [cm] | Sand/ sand [M.-%] | Schluff/ silt [M.-%] | Ton/ clay [M.-%] | Humus/ humus [M.-%] | N [M.-%] | C:N | pH-Wert/ pH-value [0,01 M KCl] | Carbonat/ carbonates [M.-%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–30 | 33 | 52 | 15 | 3,0 | 0,17 | 10 | 5,8 | 0 |
| 30–55 | 30 | 48 | 22 | 1,6 | 0,21 | – | 5,6 | 0 |

Tabelle 1: Schwermetallgehalte der von 1984–1991 sowie im Jahre 2003 entnommenen Bodenproben aus dem Oberboden der neun Standorte, ausgewiesen in mg/1000 g lufttrockenem Feinboden. Fett gedruckte Werte liegen über den in der Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung 2003 festgelegten Grenzwerten.

Table 1: Content of heavy metals of the soil samples taken from 1984 until 1991, and in the Year 2003 from the topsoil, in mg/1000 g fine earth. Data in bold letters indicate values above the treshold defined in the regulation by the state government of Styria in 2003.

| Standort/ locality | Element/ element | Grenzwert/ treshold value | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 2003 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Pb | 100 | 23,3 | 23,3 | 23,4 | 22,4 | 20,2 | 21,4 | 20,1 | 16,5 | 21,2 |
| | Cr | 100 | 23,6 | 24,4 | 25,7 | 23,7 | 21,7 | 19,2 | 20,9 | 21,6 | 24,6 |
| | Ni | 60 | 30,7 | 30,2 | 29,7 | 23,7 | 20,6 | 24,7 | 22,1 | 22,6 | 28,8 |
| | Cd | 2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,17 |
| | Hg | 1 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,03 |
| | Cu | 100 | 25,2 | 25,4 | 28,3 | 28,5 | 22,1 | 25,1 | 22,9 | 21,8 | 22,1 |
| | Zn | 300 | 66,6 | 65,4 | 66,8 | 64,8 | 69,7 | 81,1 | 66,8 | 77,6 | 83,3 |
| | As | 20 | 7,6 | 8,4 | 7,9 | 8,8 | 5,3 | 2,1 | 5,5 | 5,2 | 7,70 |
| 2 | Pb | 100 | 24,5 | 36,9 | 25,3 | 21,0 | 19,4 | 19,3 | 19,3 | 21,2 | 21,0 |
| | Cr | 100 | 29,6 | 33,4 | 31,5 | 33,6 | 26,2 | 22,1 | 23,7 | 26,4 | 32,4 |
| | Ni | 60 | 37,3 | 38,6 | 38,6 | 29,1 | 32,7 | 36,0 | 30,5 | 36,6 | 42,0 |
| | Cd | 2 | 0,17 | 0,19 | 0,27 | 0,22 | 0,29 | 0,21 | 0,23 | 0,28 | 0,16 |
| | Hg | 1 | 0,09 | 0,07 | 0,04 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,14 | 0,14 | 0,03 |
| | Cu | 100 | 34,7 | 37,8 | 39,6 | 38,4 | 30,1 | 32,2 | 29,9 | 30,2 | 28,9 |
| | Zn | 300 | 86,6 | 85,4 | 85,2 | 96,2 | 93,3 | 89,7 | 99,2 | 96,0 | 77,7 |
| | As | 20 | **25,5** | **29,3** | **27,6** | **22,4** | **22,3** | **20,2** | 17,5 | 19,5 | **25,5** |

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

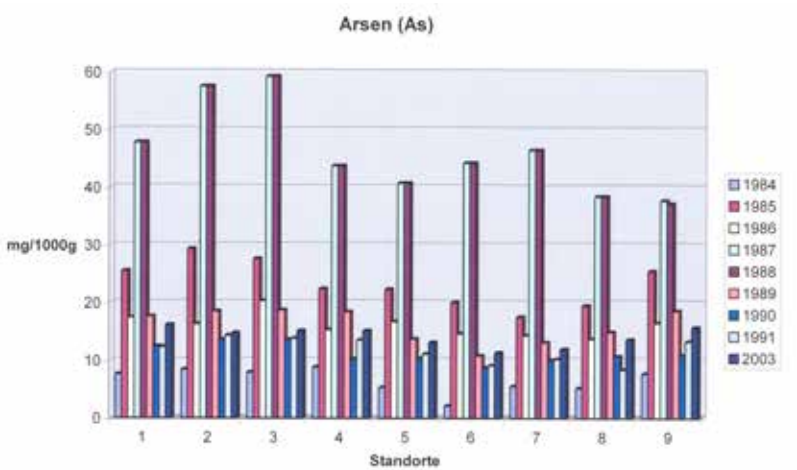
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Pb | 100 | 58,1 | 59,1 | 55,9 | 54,8 | 47,9 | 45,9 | 51,4 | 48,3 | 48,4 |
| | Cr | 100 | 29,1 | 28,6 | 28,0 | 31,2 | 23,9 | 20,7 | 24,5 | 27,0 | 31,1 |
| | Ni | 60 | 33,4 | 33,8 | 32,8 | 31,0 | 31,9 | 33,9 | 32,7 | 34,7 | 37,7 |
| | Cd | 2 | 0,35 | 0,37 | 0,37 | 0,49 | 0,59 | 0,50 | 0,51 | 0,68 | 0,43 |
| | Hg | 1 | 0,12 | 0,00 | 0,03 | 0,18 | 0,19 | 0,27 | 0,29 | 0,16 | 0,07 |
| | Cu | 100 | 38,4 | 40,8 | 42,6 | 38,4 | 33,4 | 34,1 | 36,1 | 33,4 | 36,5 |
| | Zn | 300 | 114 | 129 | 124 | 122 | 119 | 127,7 | 138,8 | 142,7 | 154,5 |
| | As | 20 | 17,4 | 16,3 | **20,3** | 15,3 | 16,7 | 14,6 | 14,3 | 13,7 | 16,5 |
| 4 | Pb | 100 | 51,0 | 56,2 | 55,3 | 54,0 | 46,2 | 47,8 | 47,7 | 47,2 | 47,8 |
| | Cr | 100 | 42,0 | 41,8 | 42,6 | 46,9 | 39,6 | 35,8 | 39,3 | 38,7 | 52,8 |
| | Ni | 60 | 42,8 | 41,0 | 40,5 | 53,7 | 53,7 | 58,9 | 55,0 | 55,5 | 56,2 |
| | Cd | 2 | 0,39 | 0,41 | 0,32 | 0,46 | 0,48 | 0,43 | 0,39 | 0,55 | 0,45 |
| | Hg | 1 | 0,08 | 0,00 | 0,05 | 0,17 | 0,18 | 0,25 | 0,24 | 0,27 | 0,06 |
| | Cu | 100 | 72,9 | 68,2 | 71,5 | 78,9 | 45,7 | 51,1 | 65,8 | 58,9 | 40,3 |
| | Zn | 300 | 119 | 121 | 120 | 126 | 114 | 129,3 | 134,4 | 144,4 | 142,9 |
| | As | 20 | **47,8** | **57,5** | **59,2** | **43,7** | **40,7** | **44,2** | **46,4** | **38,4** | **37,7** |
| 5 | Pb | 100 | 74,6 | 77,2 | 81,2 | 68,2 | 77,5 | 57,0 | 72,0 | 72,7 | 31,2 |
| | Cr | 100 | 31,3 | 31,9 | 31,2 | 38,4 | 38,8 | 28,9 | 20,6 | 32.3 | 45,5 |
| | Ni | 60 | 34,7 | 39,6 | 34,2 | 44,4 | 51,9 | 49,2 | 52,4 | 49,1 | 61,2 |
| | Cd | 2 | 0,30 | 0,27 | 0,25 | 0,33 | 0,50 | 0,29 | 0,34 | 0,42 | 0,23 |
| | Hg | 1 | 0,07 | 0,04 | 0,04 | 0,10 | 0,14 | 0,22 | 0,19 | 0,20 | 0,06 |
| | Cu | 100 | 40,8 | 39,5 | 37,9 | 33,0 | 36,4 | 28,9 | 41,3 | 34,9 | 11,3 |
| | Zn | 300 | 104 | 111 | 107 | 105 | 104 | 107,9 | 122,5 | 121,9 | 115,7 |
| | As | 20 | **47,8** | **57,5** | **59,2** | **43,7** | **40,7** | **44,2** | **46,4** | **38,4** | **37,2** |
| 6 | Pb | 100 | 26,0 | 24,2 | 23,4 | 20,7 | 19,8 | 18,7 | 19,5 | 15,3 | 12,0 |
| | Cr | 100 | 30,0 | 32,8 | 30,1 | 32,1 | 29,4 | 22,8 | 24,4 | 24,4 | 29,1 |
| | Ni | 60 | 30,7 | 35,8 | 33,6 | 31,8 | 30,7 | 31,6 | 27,8 | 33,3 | 36,9 |
| | Cd | 2 | 0,54 | 0,60 | 0,32 | 0,43 | 0,63 | 0,40 | 0,40 | 0,34 | 0,28 |
| | Hg | 1 | 0,08 | 0,08 | 0,03 | 0,09 | 0,09 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,03 |
| | Cu | 100 | 45,0 | 47,7 | 48,6 | 40,8 | 45,5 | 41,5 | 44,4 | 35,3 | 42,9 |
| | Zn | 300 | 75,9 | 83,0 | 83,4 | 89,1 | 93,0 | 87,2 | 97,9 | 101,7 | 104,6 |
| | As | 20 | 17,6 | 18,5 | 18,7 | 18,4 | 13,7 | 10,8 | 13,1 | 14,9 | 18,6 |
| 7 | Pb | 100 | 30,4 | 31,0 | 30,0 | 22,5 | 22,2 | 22,6 | 25,0 | 24,3 | 22,8 |
| | Cr | 100 | 32,4 | 33,8 | 32,5 | 32,8 | 29,3 | 25,8 | 28,3 | 28,5 | 28,5 |
| | Ni | 60 | 26,4 | 27,7 | 28,6 | 24,1 | 24,6 | 26,1 | 25,4 | 36,9 | 31,3 |
| | Cd | 2 | 0,20 | 0,22 | 0,29 | 0,30 | 0,32 | 0,27 | 0,27 | 0,31 | 0,20 |
| | Hg | 1 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,09 | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,02 |
| | Cu | 100 | 28,2 | 33,0 | 33,3 | 28,1 | 26,7 | 29,9 | 30,8 | 25,2 | 21,8 |
| | Zn | 300 | 86,5 | 89,1 | 89,1 | 92,8 | 88,2 | 103,3 | 114,7 | 93,3 | 98,2 |
| | As | 20 | 12,4 | 13,6 | 13,6 | 10,2 | 10,3 | 8,7 | 10,0 | 10,7 | 10,90 |

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

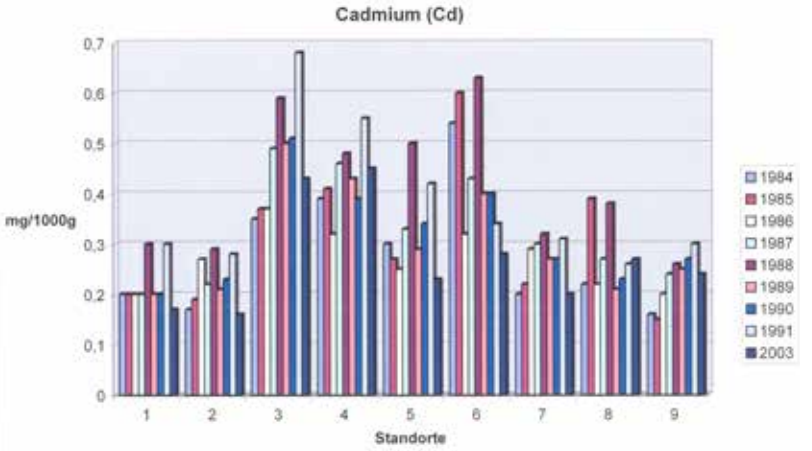
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Pb | 100 | 24,8 | 27,6 | 31,5 | 26,3 | 23,6 | 20,4 | 22,7 | 24,4 | 29,5 |
| | Cr | 100 | 28,4 | 29,0 | 28,9 | 29,3 | 26,0 | 21,8 | 24,6 | 24,3 | 36,6 |
| | Ni | 60 | 28,9 | 29,0 | 29,0 | 26,5 | 38,5 | 27,5 | 26,9 | 27,4 | 34,4 |
| | Cd | 2 | 0,22 | 0,39 | 0,22 | 0,27 | 0,38 | 0,21 | 0,23 | 0,26 | 0,27 |
| | Hg | 1 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,09 | 0,02 |
| | Cu | 100 | 47,5 | 48,2 | 48,3 | 42,3 | **131,3** | 28,2 | 39,9 | 33,2 | **104,6** |
| | Zn | 300 | 90,0 | 98,4 | 99,4 | 100,0 | 177,0 | 98,4 | 114,7 | 104,9 | 194,6 |
| | As | 20 | 12,3 | 14,3 | 13,8 | 13,5 | 11,1 | 9,1 | 10,2 | 8,4 | 13,30 |
| 9 | Pb | 100 | 38,5 | 36,7 | 36,9 | 31,1 | 28,6 | 34,2 | 34,5 | 36,7 | 20,9 |
| | Cr | 100 | 27,7 | 27,5 | 28,1 | 33,6 | 24,7 | 20,7 | 23,3 | 23,7 | 31,4 |
| | Ni | 60 | 27,5 | 27,5 | 28,5 | 22,7 | 25,3 | 26,1 | 25,4 | 28,7 | 29,8 |
| | Cd | 2 | 0,16 | 0,15 | 0,20 | 0,24 | 0,26 | 0,25 | 0,27 | 0,30 | 0,24 |
| | Hg | 1 | 0,19 | 0,10 | 0,03 | 0,14 | 0,15 | 0,39 | 0,38 | 0,22 | 0,04 |
| | Cu | 100 | 35,1 | 34,9 | 36,0 | 32,1 | 27,8 | 31,1 | 30,3 | 28,0 | 29,0 |
| | Zn | 300 | 92,0 | 84,9 | 84,4 | 94,9 | 84,0 | 97,0 | 102,0 | 97,7 | 114,6 |
| | As | 20 | 16,1 | 14,7 | 15,1 | 15,1 | 13,1 | 11,3 | 11,9 | 13,6 | 15,7 |

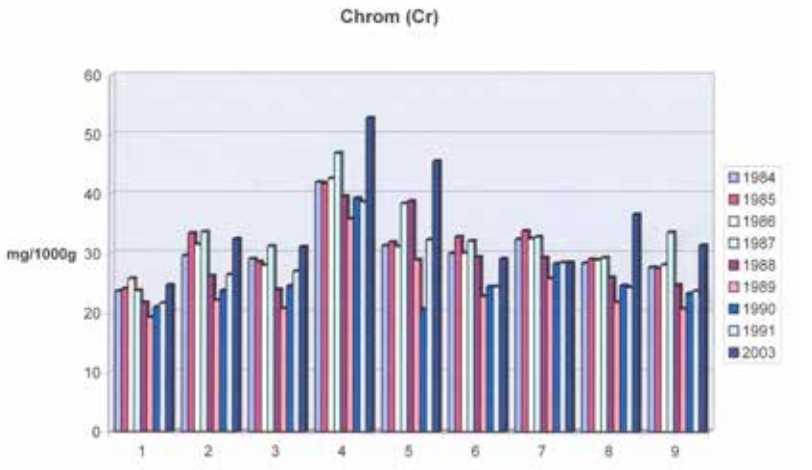
Abb. 2: Schwermetallgehalte der von 1984–1991 sowie im Jahre 2003 entnommenen Bodenproben aus dem Oberboden der neun Standorte, ausgewiesen in mg/1000 g lufttrockenem Feinboden.

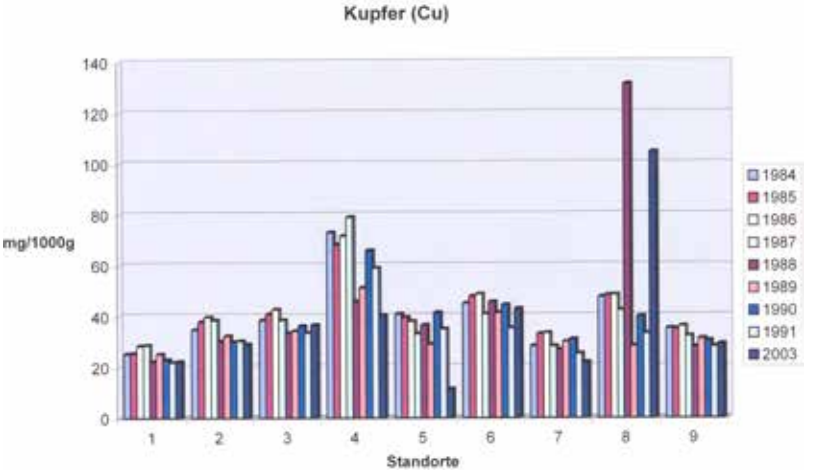
Fig. 2: Content of heavy metals of the soil samples taken from 1984 until 1991, and in the Year 2003 from the topsoil, in mg/1000 g fine earth.



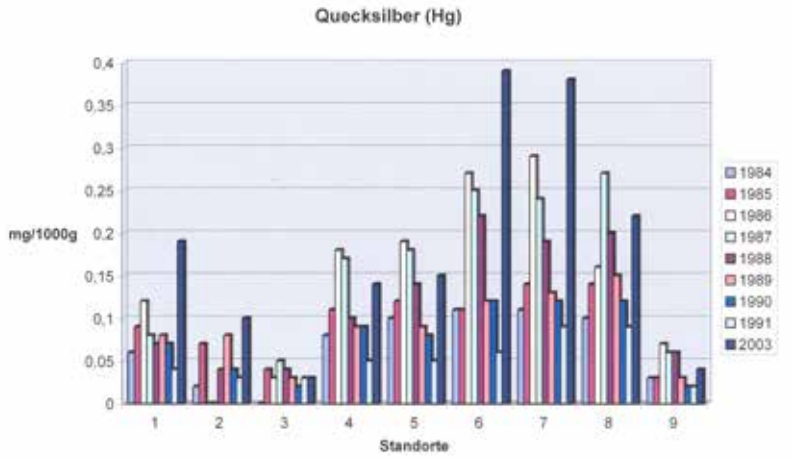
© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

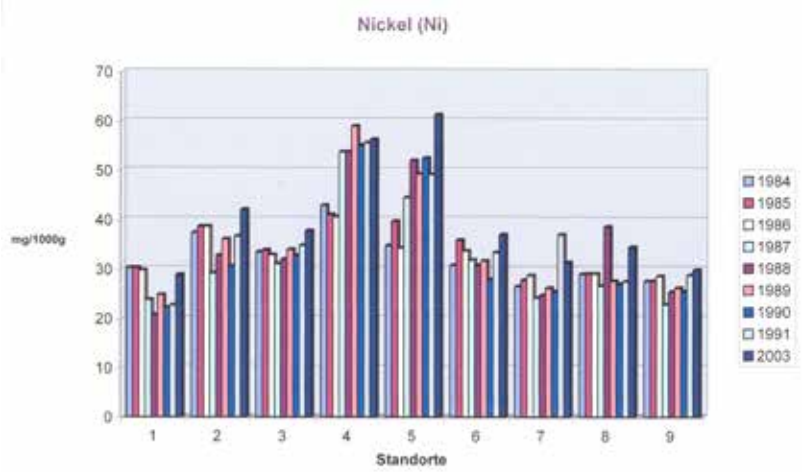


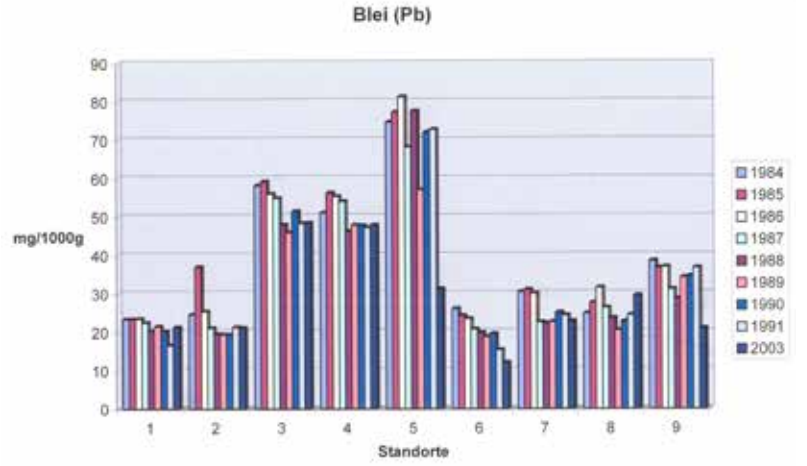



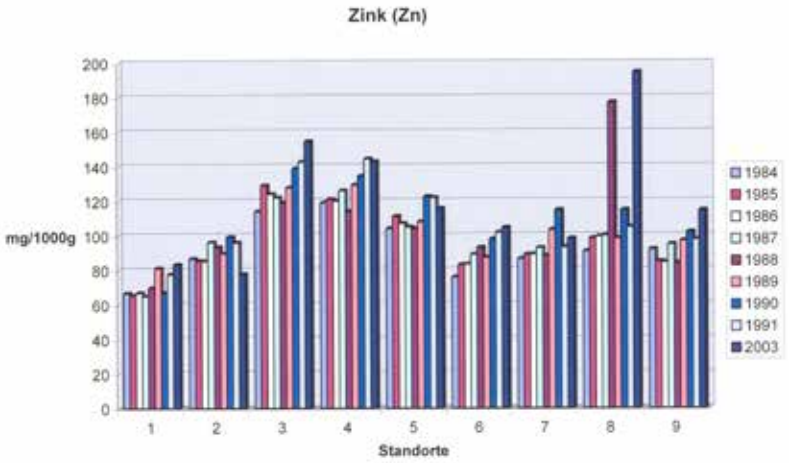
© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at



© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at




## 4. Conclusio

1. Die geogen bedingten Unterschiede bezüglich Schwermetalle sind größer als die Unterschiede in den einzelnen Jahren. Eindeutig zunehmende oder abnehmende Trends an Schwermetallgehalten konnten während der Jahre 1984 bis 1991 sowie im Vergleich von 1984/91 zum Jahre 2003 bei keinem der untersuchten Standorte gemessen werden.

2. Bezogen auf die einzelnen Schwermetalle ist das Bild sehr heterogen. Herausragende Bleigehalte sind in jeweils abnehmender Reihe bei den Standorten 5, 4 und 3, herausragende Chromwerte bei den Standorten 4 und 5, herausragende Nickelwerte bei den Standorten 5 und 4, herausragende Cadiumwerte bei den Standorten 3, 6, 4 und 5, herausragende Quecksilberwerte bei den Standorten 6, 7 und 8, herausragende Kupferwerte beim Standort 8, deutlich abgesetzt vom Standort 4, herausragende Zinkwerte beim Standort 8, abgesetzt gegenüber den Werten von den Standorten 3 und 4, festzustellen. Ein überraschend deutlicher Anstieg ist bei allen Standorten in den Jahren 1987 und 1988 bei den Arsenwerten festzustellen, am stärksten bei den Standorten 3 und 2.

3. Fast alle gemessenen Werte liegen unter dem Limit, nur die Arsenwerte von den Standorten 2, 3, 4 und 5, der Nickelwert im Jahre 2003 vom Standort 5 sowie die Kupferwerte der Jahre 1988 und 2003 vom Standort 8 liegen darüber.

Bezüglich der Grenzwerte von Arsen, Chrom und Nickel wird in der ÖNORM L 1075 hingewiesen, dass diese – geogen bedingt – örtlich deutlich überschritten werden können.

4. Unterschiedliche durch die morphologische Position oder Windeinwirkung bedingte Tendenzen sind nicht zu erkennen.

5. Eine Gefährdung der untersuchten Standorte durch Schwermetallkontamination, verursacht durch das FHKW Mellach, kann nach diesen Untersuchungen ausgeschlossen werden.

6. Aus der Sicht der Autoren wären auf Basis der vorhandenen Ergebnisse weitere Beprobungen in angemessenen Zeiträumen für wissenschaftliche Betrachtungen durchaus interessant.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.zobodat.at

## Danksagung

Der VERBUND-Austrian Thermal Power GmbH & Co KG für die Übernahme der Kosten für die Bodenanalysen aus dem Jahre 2003 sowie der Erlaubnis der Publikation und dem Referatsleiter, Mag. Dr. W. Krainer, der auch die Erstuntersuchungen durchgeführt hat, für die nicht nur analytisch exakte, sondern auch so prompte Durchführung der Schwermetallbestimmungen, sei an dieser Stelle der beste Dank zum Ausdruck gebracht.

## Literatur

AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 1986: Betriebsanlagenrechtliches Verfahren und Berufungsbescheid d. Republik Österreich. – Amt der Steierm. Landesreg., RA 4, GZ 4-15 Ste 112/23-1986 vom 12.12.1986. Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten 1987 vom 5. 10. 1987 GZ 551.282/64-VIIIII/87. Graz.

AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2003: Verordnung vom 22. September 2003 mit der die Klärschlammverordnung geändert wird. – Landesgesetzblatt, 18. Stück, Jg. 2003, Graz.

Nestroy O., Aust G., Blum W. E. H., Englisch M., Hager H., Herzberger E., Kilian W., Nelhiebel P., Ortner G., Pecina E., Pehamberger A., Schneider W. & Wagner J. 2011: Systematische Gliederung der Böden Österreichs – Österreichische Bodensystematik 2000 in der revidierten Fassung von 2011. – Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft 79: 1–95. – Wien.

ÖNORM L 1075, 1993: Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden – Ausgewählte Richtwerte. – Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

ÖNORM L 1081, 1999: Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch Nassoxidation. – Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

ÖNORM L 1082, 1999: Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von Stickstoff nach Kjeldahl. – Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

ÖNORM L 1083, 1999: Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Acidität (pH-Wert). – Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

ÖNORM L 1084, (1999): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung von Carbonat. – Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

ÖNORM L 1085, 1999: Chemische Bodenuntersuchungen – Säureextrakt zur Bestimmung von Nähr- und Schadelementen. – Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

ÖNORM L 1061, 2002: Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Komgrößenverteilung des Mineralbodens, Teil 2: Feinboden. – Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

Ornig F. 1988: Gutachten zur Feststellung und Beweissicherung der Boden- bzw. Ertragsverhältnisse in der Landwirtschaft im Raum rund um das zukünftige Fernheiz-Kraftwerk Mellach. 1984/85/86/87. – Graz.

Pehamberger A. & Stich R. 2009: Soils Assessment – Soils in the so called Austrian semiarid climate in the Region Weinviertel. – Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft 76: 73–99.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: 143

Autor(en)/Author(s): Ornig Fritz, Nestroy Othmar

Artikel/Article: Vergleichende Schwermetalluntersuchungen während der Jahre 1984 bis 1991 sowie im Jahre 2003 in Böden von neun ausgewählten Standorten im Immissionsbereich des Fernheizkraftwerks Mellach (Steiermark) 105-120