

Schwermetallgehalte holozäner Bodenchronosequenzen auf Löß des Niederbayerischen Dungaues östlich von Regensburg

Heavy metal content of Holocene soil-chronosequences on loess of the lower Bavarian Dungaue east of Regensburg

Gerhard SCHELLMANN und Ulrich RADTKE

Geographisches Institut der Universität Düsseldorf, Universitätsstr. 1, D-4000 Düsseldorf 1, Germany

(Eingegangen: 27. November 1989)

ZUSAMMENFASSUNG: Vergleichende Untersuchungen der Schwermetallführung von rezenten und begrabenen Bodenbildungen lassen Rückschlüsse auf natürliche und anthropogen bedingte Schwermetall-Verteilungen zu. Die natürliche, anthropogen unbeeinflusste Bodendynamik bewirkte im Untersuchungsraum bei pH-Werten oberhalb von 7 eine Anreicherung von Zn und Ni im Bt-Horizont der Parabraunerden. Mit einsetzender Versauerung derselben zeigen sich auch erste Verlagerungen von Cu. Eine Mobilisierung von Pb findet hingegen innerhalb der vorliegenden, schwach sauren bis basischen pH-Bedingungen (pH 6,5 - 7,3) nicht statt. Erhöhte Zn-, Ni- und Cu- sowie erniedrigte Pb-Gehalte innerhalb jungholozäner Kolluviumfüllungen von Dellen sind auf Bodensediment-Verlagerungen- mehrfach aktivierte Bodenerosionen - zurückzuführen. Ausdruck anthropogen bedingter, neuzeitlicher Anreicherungen sind die deutlich erhöhten Pb-Gehalte in den A-Horizonten der heutigen Oberflächenböden.

Schwermetallgehalte, Lößböden, Dungaue, Bayern

SUMMARY: Heavy metal concentration of recent and buried soils were analyzed. The comparison of the results allows the distinction of natural and anthropogenic factors. Recent and ancient Bt -horizons of parabrown-earths show a pedogenetic enrichment of Zn and Ni at pH values of greater than 7. Between pH 6.5 - 7, Cu has also been mobilized and concentrated in the Bt-horizons. Within the measured pH-conditions of 6.5 to 7.3, the Pb-content did not show any displacement by soil dynamics. As a result of repeated soil erosions, younger Holocene colluvial soils in trough-shaped valleys contain greater amounts of Zn, Ni and Cu and lower amounts of Pb in comparison with the unweathered loess. The significant higher concentrations of Pb found in the A-horizons of recent soils have to be regarded as a result of human activity.

Heavy metal content, loess soils, Dungaue, Bavaria

1. Einleitung

Im Zuge eines gestiegenen Umweltbewußtseins ist auch das Interesse zahlreicher bodenkundlicher Untersuchungen zunehmend auf die Belastung der Ökosysteme durch Schwermetallanreicherungen gerichtet. Erhöhte Schwermetallgehalte in Oberflächenböden treten

insbesondere in der Nähe industrieller Ballungsräume bzw. im Umfeld entsprechender Schwermetallemitter (Industrie, Siedlungen, Verkehr) auf. In industrieferneren Regionen kann aber ebenfalls ein erhöhter Schwermetalleintrag stattfinden z.B. durch

- Aerosole mit der atmosphärischen Zirkulation
- Lösungs- bzw. Schwebfracht in den Oberflächengewässern und Grundwasserströmungen
- schwermetallbelastete Siedlungsabfälle, Klärschlämme, Düngemittel, die auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden.

Höhere Schwermetallgehalte in Oberflächenböden können jedoch nicht allein eine Folge anthropogen bedingter Einträge, sondern auch Ausdruck eines erhöhten "Lithopotentials" sowie Ergebnis pedogener Anreicherung sein. Daher ist ein wichtiger Aspekt die Unterscheidung von pedogenen sowie anthropogenen Anreicherungen gegenüber lithogenen Ausgangsgehalten, d.h. des geogenen "background". Da heutige Oberflächenböden zudem Dokumente sowohl gegenwärtiger als auch ehemaliger Bodenbildungsdynamiken sind, kann die aktuelle Schwermetallführung ebenso Indikator einer rezenten wie auch Manifestation einer vergangenen Pedogenese sein. Durch die Untersuchung begrabener, fossiler, und damit der nachfolgenden Bodenbildungsdynamik weitgehend entzogener Paläoböden eröffnen sich zwei wichtige Aussagemöglichkeiten:

- eine Quantifizierung anthropogen unbelasteter, natürlicher Schwermetallgehalte in einer Bodenlandschaft und daraus
- eine genauere Abschätzung aktuo- und paläopedogener Anreicherungen gegenüber anthropogen bedingten Einträgen.

Im folgenden wird über erste Ergebnisse der Schwermetallführung begrabener Paläoböden im Vergleich zu heutigen Oberflächenböden berichtet. Untersuchungsobjekt sind Bodenbildungen auf Löß des Niederbayerischen Gäubodens (Dungau) unterhalb von Regensburg (s.u.). Lößböden bieten gegenüber anderen Böden zwei große Vorteile bei der Untersuchung der möglichen Ursachen der Schwermetall-Verteilungen, denn:

1. sie sind von der lithogenen Schwermetallverteilung her weitgehend homogen aufgebaut und
2. ihre Bodendynamik wird nicht durch Grundwasser und Überfluten (Auenbereich) beeinflusst.

Hinzu kommt, daß innerhalb der zahlreichen Mulden- und Dellenbereiche häufig Paläoböden erhalten sind, die unter mächtigen Kolluvien begraben und so der rezenten Bodendynamik entzogen sind.

2. Methoden

Die bodenphysikalischen und -chemischen Untersuchungen wurden wie folgt durchgeführt:

Korngrößenanalysen des Pelits: Pipettmethode nach KÖHN und KÖTTGEN mit Hilfe eines Sedimentationsautomaten.

Karbonegehalt: gasvolumetrisch nach SCHEIBLER (s. MÜLLER, 1964).

Kohlenstoffgehalt: kolorimetrisch nach nasser Oxidation mit Kaliumdichromat (nach RIEHM und ULRICH, 1954).

Dith. Eisen: titrimetrisch nach HÄDRICH (1970).

Gesamteisen: titrimetrisch nach HÄDRICH (1970), modifiziertes Aufschlußverfahren mit Hilfe konz. NaOH- und KOH-Plätzchen im Verhältnis 1:1.

Gesamtphosphorgehalte: kolorimetrisch nach Perchlorsäure-Aufschluß (70%) in Anlehnung an SCHLICHTING und BLUME (1966).

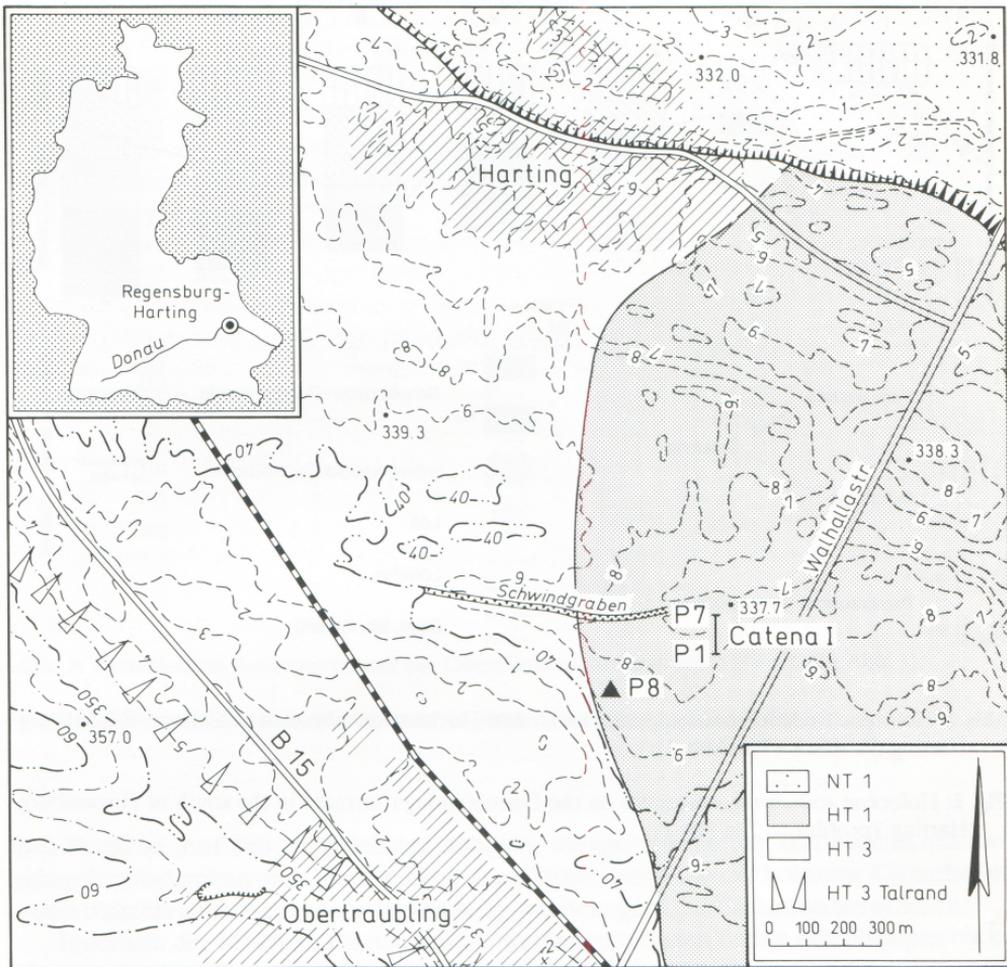


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes.

Fig. 1: Location map of the investigation area.

Schwermetallgehalte: RF-Analyse.

3. Lage und Beschreibung der untersuchten Bodenprofile

Die beiden untersuchten Bodenstandorte liegen auf den vom Würmlöß überdeckten, intensiv ackerbaulich genutzten Donau-Hochterrassen unmittelbar am östlichen Stadtrand von Regensburg (Abb. 1).

Klimatische Kennzeichen dieses Raumes sind seine geringen Jahresniederschläge von unter 650 mm, seine ausgeprägte Kontinentalität mit einer Jahresschwankung der Tempera-

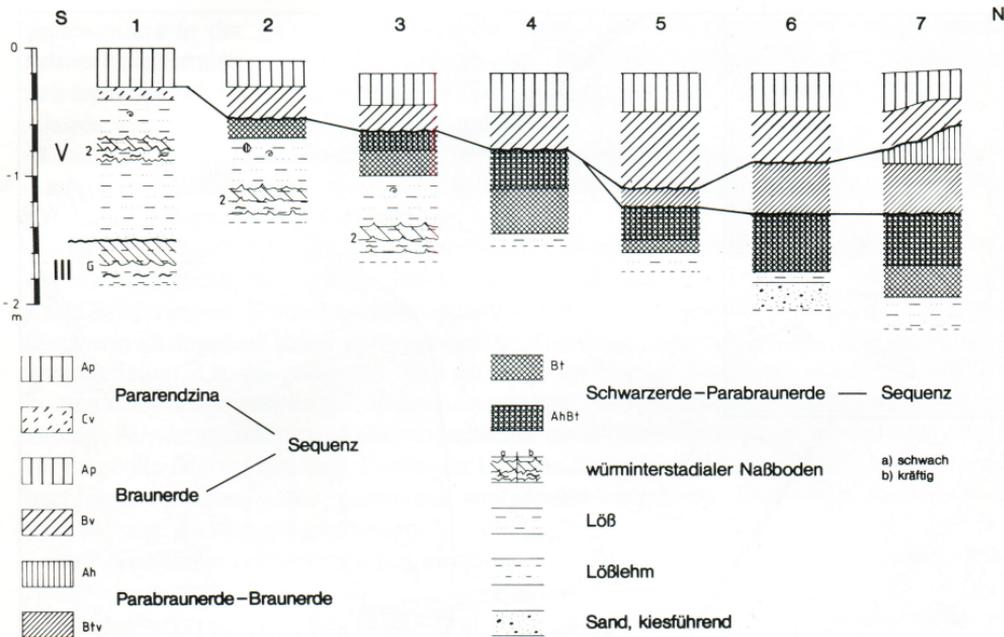


Abb. 2: Holozäne Bodenchronosequenzen im Donau-Hochterrassenbereich südlich von Regensburg-Harting (Profile 1 - 7 in Abb. 1).

Fig. 2: Holocene soil-chronosequences on the Danubian high terraces in the south of Regensburg-Harting (profiles 1 - 7 in Fig. 1).

tur von 20,4 °C mit einer Mitteltemperatur im Januar bei minus 2,5 °C und im Juli von fast 18 °C (van EIMERN 1975). Details zur Profilaufnahme, Alterseinstufung etc. finden sich bei SCHELLMANN (1988).

Morphologisches Kennzeichen der Hochterrassenverebnungen zwischen Regensburg-Harting und Obertraubling ist ihre Gliederung durch ein Geflecht zahlreicher Dellen und Dellentälchen, die auf die nach Norden angrenzende Hauptniederterrasse (NT1) einmünden (Abb. 1). Insbesondere der Hochterrassenbereich nördlich des Schwindgrabens erfährt hierdurch eine stärkere Reliefierung in Mulden-, Unterhang- und Kuppenpositionen. Die Anlage dieser Dellentälchen reicht großteils bis in die beginnende Würm-Kaltzeit zurück (SCHELLMANN 1988). Innerwürmzeitliche Spül- und Solifluktsphasen bewirkten eine mehrfache Reaktivierung. Die letztmalige formprägende Aktivitätszeit steht im Zusammenhang mit der zunehmenden Landnutzung in diesem Raum, denn seit dem ausgehenden Subboreal führten Perioden abgeschwächter und verstärkter agrarischer Nutzung zu mindestens zwei intensiveren Bodenerosionsphasen.

Beide Bodenerosionsphasen beschränken sich vorwiegend auf die Dellen und dellenna-

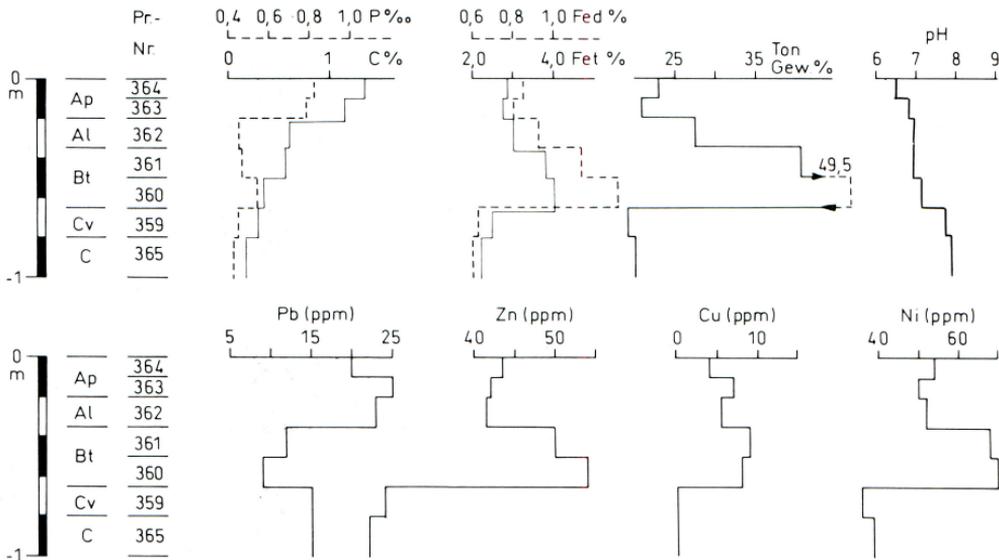


Abb. 3: Verschiedene Bodenparameter der Oberflächen-Parabraunerde (Profil 8 in Abb. 1).

Fig. 3: Different soil parameters of the recent parabraun-earth (profile 8 in fig. 1).

hen Bereiche. Auf den ausgedehnten höheren, weniger reliefierten Terrassenflächen zwischen Schwindgraben und Obertraubling ist weiterhin weitflächig der holozäne Klimaxboden - eine rötlichbraune Parabraunerde (Abb. 3) - als heutiger Oberflächenboden erhalten.

Innerhalb der Mulden-, Rinnen- und Unterhangpositionen finden sich hingegen bis zu vier verschiedene Bodenchronosequenzen (Abb. 2):

1. Als älteste Bodenbildung tritt in diesen Positionen ein bis 40 cm mächtiger Humushorizont einer Schwarzerde auf, der von mehreren Dezimeter mächtigen, jüngeren Kolluvien und ihren Bodenbildungen bedeckt ist. In Anlehnung an ROHDENBURG und MEYER (1968) ist ihre Ausbildung in das älteste Holozän zu stellen. Bei geringer nachträglicher pedogener Überprägung (Degradation) weist die Schwarzerde eine kräftige braunschwarze Bodenfarbe sowie ein Krümel- bis schwaches Polyedergefüge auf und geht mit unscharfer Untergrenze in den liegenden, von einzelnen Krotowinen durchsetzten LÖß über.
2. Diese ältestholozäne Schwarzerde-Bodenbildung unterlag im Regensburger Raum vom mittleren Atlantikum an bis zum ausgehenden Subboreal der Lessivierungsdynamik einer intensiven Parabraunerdebildung (SCHELLMANN 1988). Sie führte bei allen Schwarzerde-Vorkommen zur Entkalkung des Humushorizontes und zumindest in dessen hangenden Partien zur Einlagerung fettglänzender, dunkelbrauner Ton-Humus-Komplexe. Bei vollständiger Überprägung durch den Bt-Horizont der nachfolgenden Parabraunerdebildung nimmt der Schwarzerdehorizont eine schwarzbraune Farbe an und zeigt ein ausgeprägtes

Polyederggefüge mit intensiven Tonbelägen.

3. Die Ausbildung der Parabraunerde-Schwarzerde-Sequenz endet mit einer Bodenerosionsphase, die in diesem Raum durch die urnenfelder- bis römische Siedlungstätigkeit ausgelöst wurde (SCHELLMANN 1988). In den morphologischen Tiefpositionen kam es hierdurch zum Eintrag eines dunkelbraunen, humosen Kolluviums, auf dem sich eine gering durchschlämmte Parabraunerde-Braunerde entwickelte, die durch schwache Tonbeläge auf den Bodenaggregaten charakterisiert ist.
4. Nach einer längeren Ruhephase bzw. starken Abschwächung der Bodenerosion, die sich nach Ablagerung des Parabraunerde-Braunerde-Kolluviums in seiner pedogenen Überprägung und der Ausbildung eines 35 cm mächtigen Humushorizontes manifestiert, setzte vermutlich im Verlauf des früh- bis hochmittelalterlichen Landesausbaues eine weitere kräftige Bodenerosionsphase ein. Sie führte in einzelnen dellennahen Hochpositionen (Abb. 2, Profil 1) zur völligen Beseitigung des Bodenkörpers und innerhalb der weiterbestehenden Dellenpositionen zu deren erneuten Ausräumung und Wiederverfüllung.

Als Böden finden sich nun in angrenzenden morphologischen Hochpositionen schwach verbrauchte Pararendzinen, die unmittelbar dem unverwitterten Löß aufliegen. In Dellenpositionen entwickelten sich kolluviale Braunerden, wobei sehr geringe Karbonatgehalte (0,3 % - Proben Av 299, 300) im Ap-Horizont (Abb. 4) auf schwache neuzeitliche Bodenverlagerungen mit der Zufuhr von z.T. unverwitterten, kalkhaltigen Sedimenten hindeuten.

4. Ergebnisse und Diskussion

Bei beiden untersuchten Bodenstandorten enthält der weitgehend unverwitterte Löß (C- und Cv-Horizont) 15 ppm Blei (Pb), 14 bis 28 ppm Zink (Zn) und 36 bis 43 ppm Nickel (Ni). Die Gehalte von Cadmium (Cd) und Kupfer (Cu) liegen unterhalb der RF-analytischen Nachweisgrenze.

Von RUPPERT (1987) werden für den Löß Südbayerns ähnliche Gehalte für Pb (7 bis 27 ppm) und Ni (15 bis 39 ppm), jedoch deutlich höhere Gehalte für Zn (40 bis 75 ppm) und Cu (7 bis 25 ppm) angegeben. Diese Differenzen sind unter Umständen durch die unterschiedliche Schwermetall-Analytik bedingt: hier RF-Analyse, bei RUPPERT Atom-Absorptions-Spektroskopie und ICP-Massenspektrometrie nach Totalaufschluß mit Flußsäure-Perchlorsäure-Salpetersäure.

Die profildifferenzierende Lessivierungsdynamik der heutigen Oberflächen-Parabraunerde wirkt sich deutlich auf die vertikale Verteilung der Zn- und Ni-Gehalte aus (Abb. 3). Ausgeprägteren Anreicherungen im Bt-Horizont steht ein deutlicher Rückgang zum hangenden A-Horizont gegenüber. Dabei liegen jedoch ihre Gehalte im A-Horizont noch deutlich höher als im unverwitterten Ausgangsgestein, so daß von einer evtl. kontinuierlich stattfindenden Schwermetallzufuhr, sei es durch die organische Streu oder durch atmosphärische Depositionen, auszugehen ist (s.u.).

Insbesondere bei der Pb-Gehaltsverteilung führt sie zu deutlich erhöhten Pb-Werten im Oberboden bis in ca. 35 cm unter Flur. Im Bt-Horizont hingegen sind die Pb-Gehalte vor allem durch die Einwaschung von Ton relativ verdünnt und erreichen so geringere Absolutgehalte als im unterlagernden unverwitterten Löß. Eine eventuelle im Zuge der Lessivierungsdynamik erfolgte Verlagerung von Pb ist nicht festzustellen. Welche Ursachen dieses Phänomen erklären, bedarf noch weiterer Untersuchungen. KUNTZE und HERMS (1986)

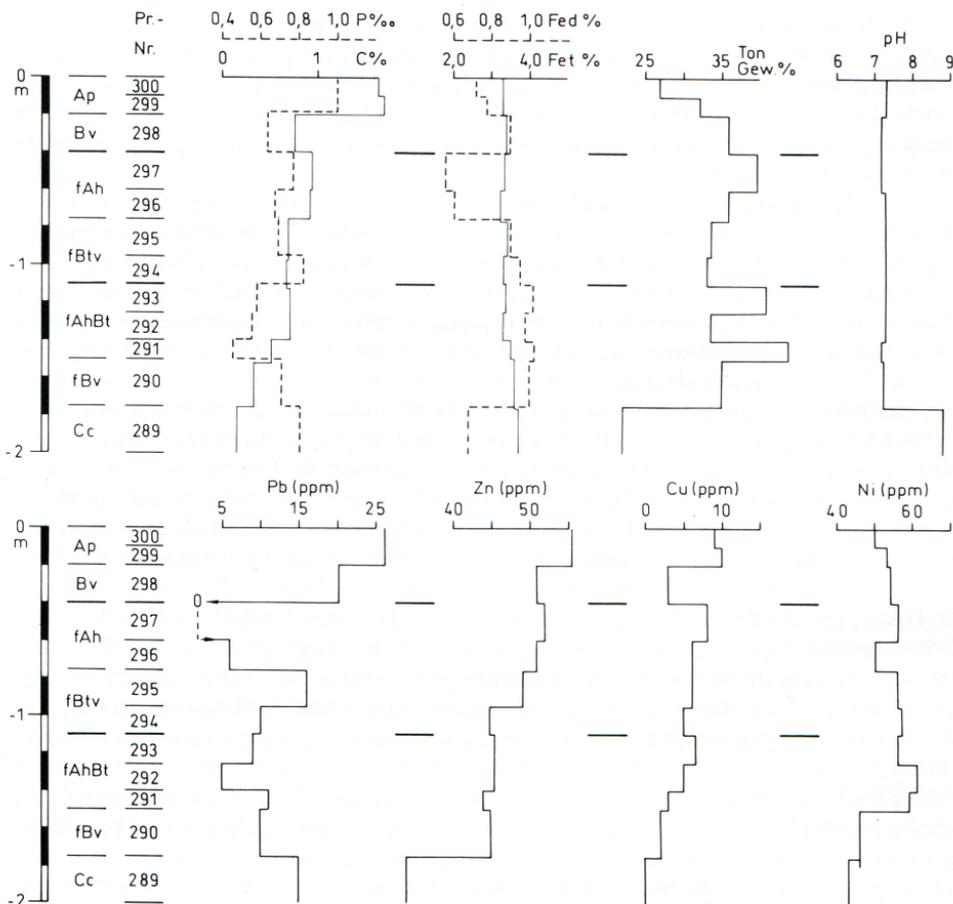


Abb. 4: Verschiedene Bodenparameter der holozänen Bodenchronosequenzen (Profil 7 in Abb. 2 und Abb. 1).

Fig. 4: Different soil parameters of the Holocene soil chronosequences (profile 7 in fig. 2 and fig.1).

stellten jedoch bereits fest, daß für die Bindungskapazität von Schwermetallen unter Umständen die Art der im Boden vorherrschenden Tonminerale von größerer Bedeutung ist als der Tongehalt an sich.

Kupfer besitzt im gesamten Solum deutlich erhöhte Gehalte, wobei ein leichtes Maximum im Bt-Horizont auftritt.

Innerhalb der begrabenen Schwarzerde-Parabraunerde - Sequenz ist ebenfalls die Verteilung der Pb-, Zn- und Ni- Gehalte Ausdruck der altholozänen Entkalkungs- und Lessivierungsdynamik. Sie bewirkte wiederum ausgeprägte Anreicherungen von Zn und Ni im fAhBt-Horizont, während die Pb-Gehalte als Folge des Verdünnungseffektes der im Zuge der Lessivierung stark erhöhten Tongehalte in diesem Horizont niedriger liegen als im unverwitterten Löß.

Im Gegensatz zur heutigen Oberflächen-Parabraunerde (Abb. 3) folgen die Cu-Gehalte innerhalb aller drei Bodenchronosequenzen (Abb. 4) im hohen Maße der Kohlenstoff (C) - Verteilungskurve. Dabei heben sich jeweils die A-Horizonte durch ihre Cu-Maxima von den unterlagernden pedogen überprägten Kolluvialhorizonten ab. Auch bei der Zn-Gehaltsverteilung zeigt sich in den beiden hangenden Bodensequenzen neben einer hohen Affinität zu den Tongehalten eine stärkere Anbindung an die Kohlenstoff-Verteilung. Wiederum besitzen die A-Horizonte Zn-Maxima.

Auffallend ist dabei, daß in den A-Horizonten der beiden historischen Kolluvialböden höhere Cu- und Zn-Gehalte auftreten als im A-Horizont der heutigen Oberflächen-Parabraunerde. Da letztere deutlich niedrigere pH-Werte aufweist, ist davon auszugehen, daß bei ihr neben einer Mobilisierung von Zn und Ni (s.o.) wohl auch eine leichte Verlagerung von Cu aus dem Oberboden bis in den durch höhere pH-Werte gekennzeichneten Bt-Horizont stattfindet. Dies steht in Übereinstimmung mit der in der Literatur angegebenen (u.a. HERMS und BRÜMMER 1984; BLUME und BRÜMMER 1987; SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1989) generellen Abhängigkeit des Löslichkeitsverhaltens der Schwermetalle vom pH-Wert. Danach erfolgt mit abnehmendem pH-Wert eine Zunahme der Schwermetall-Mobilisierung in der Reihenfolge $Zn > Ni > Cu > Pb$. Entsprechend zeigt sich innerhalb der betrachteten Oberflächen-Parabraunerde eine deutliche Verlagerung von Zn und Ni, eine leichte Mobilisierung von Cu und keine Verlagerung von Pb. Erst bei stärkerer Erniedrigung des pH-Wertes dürfte eine Pb-Mobilisierung einsetzen. So beschreibt RUPPERT (1987) aus dem unteren Isartal eine Parabraunerde auf Löß mit einem pH-Wert von 3,1 im Ah-Horizont, bei der im Bt-Horizont neben Zn, Ni und Cu auch Pb mit gegenüber dem liegenden Cv-Horizont deutlich erhöhten Gehalten vertreten ist.

Innerhalb der beiden kolluvialen Bodenbildungen (Abb. 4) ist hingegen eine Schwermetall-Verlagerung - wohl infolge der schwächeren Bodenentwicklung wie auch der höheren pH-Bedingungen - nicht feststellbar. Die innerhalb der B-Horizonte beider Böden deutlich erhöhten Schwermetallgehalte von Zn, Cu und Ni - verglichen mit dem unverwitterten Löß - können allein auf den kolluvialen Sedimentcharakter mit seinen primär stark erhöhten Ton-Fe- und C-Gehalten, an die diese angelagert sind, zurückgeführt werden.

Die Pb-Gehalte folgen zumindest innerhalb der Parabraunerde-Braunerde-Sequenz dem schwankenden Eintrag von AhBt-Kolluvium und frischem Löß. Generell erreichen dort die Pb-Gehalte keineswegs die Werte des unverwitterten Lösses. Ebenso wie innerhalb der heutigen Oberflächen-Parabraunerde zeigen sie einen den Tongehaltsschwankungen entgegengesetzten Verlauf. Niedrige Ton-, aber höhere Mittelsand-Anteile in der Probe Av 295, die auf eine verstärkte Zulieferung von frischem Löß hinweisen, führen zu erhöhten, dem unverwitterten Löß (Av 289) angenäherten Pb-Gehalten. Mit zunehmendem Eintrag tonreichen Kolluviums zum Top der Sequenz hin geht der Pb-Anteil stark zurück (Verdünnungseffekt) und liegt dort - Probe Av 297 - unter der RF-analytischen Nachweisgrenze.

Erst innerhalb der hangenden mittelalterlichen bis neuzeitlichen Braunerde-Sequenz

findet ein sprunghafter Anstieg der Pb-Gehalte statt. Sie liegen trotz eines höheren Tonanteils - also entgegen dem damit verbundenen Verdünnungseffekt (s.o.) - deutlich über denen des frischen Lösses und erreichen im gesamten, 40 cm mächtigen Solum annähernd gleich hohe Gehalte wie im Oberbodenbereich der Oberflächen-Parabraunerde. Die deutliche Pb-Anreicherung im Oberflächenbereich beider unterschiedlicher Bodenbildungen ist somit weder geogen, noch pedogen zu erklären, sondern allein auf einen jungen anthropogen bedingten Eintrag (Düngung, Aerosole) zurückzuführen. Das stationäre Verhalten des Pb in den beiden älteren begrabenen Bodenbildungen wie auch innerhalb der heutigen Oberflächen-Parabraunerde (s.o.) zeigt an, daß bei den derzeitigen pH-Bedingungen eine Mobilisierung des Pb auszuschließen ist.

Bezüglich der Frage nach geogen, pedogen und/oder anthropogen bedingten Schwermetallgehalten bzw. -verteilungen ergeben sich für bodentypologisch und bodenchemisch verwandte Lössböden des Niederbayerischen Gäubodens folgende Aussagen:

1. Im Zuge der natürlichen, anthropogen unbeeinflussten Bodendynamik kommt es auch bei neutralen bis schwach basischen pH-Bedingungen zu deutlichen Erhöhungen der Zn-, Cu- und Ni-Gehalte innerhalb des Bodensolums, die in Abhängigkeit von der Zeitdauer der Bodenentwicklung mit der Verlagerung von Ton-Humus-Fe-Komplexen im Bt-Horizont angereichert werden. Dabei zeigt sich eine Abnahme der Schwermetall-Mobilisierung von Zn über Ni bis zum Cu, wobei Cu erst bei einer Erniedrigung des pH-Wertes unterhalb von pH 7 - wie im Oberboden der rezenten Parabraunerde - erste Verlagerungstendenzen aufzeigt. Pb hingegen zeigt im anthropogen unbeeinflussten Ökosystem keinerlei Anreicherung und pedogene Verlagerung, sondern wird in der Folge einer pedogen (Lessivierung) oder kolluvial bedingten Tongehalterhöhung im Bodensubstrat relativ verdünnt.
2. Seit der Urnenfelderzeit führen mehrfach aktivierte Bodenerosionsphasen im Bereich der Dellen und Dellentälchen zur Ablagerung von Bodenkolluvien. Die Schwermetallgehalte der auf ihnen ausgebildeten Böden entsprechen weitgehend den Gehalten der abgetragenen Paläoböden, d.h. es finden sich in ihnen durch geogene Prozesse erhöhte Zn-, Cu- und Ni-Gehalte bzw. erniedrigte Pb-Anteile. Lediglich innerhalb ihrer Humushorizonte zeigt sich eine zusätzliche Anreicherung vor allem von Zn und Cu.
3. Allein die deutliche Erhöhung der Pb-Gehalte im Oberbodenbereich der heutigen Oberflächenböden ist auf eine anthropogen bedingte, neuzeitliche Anreicherung zurückzuführen. Dabei ist unter den derzeitigen pH-Bedingungen oberhalb von 6,5 eine Pb-Verlagerung in tiefere Bodenhorizonte auszuschließen.

Danksagung

Herzlicher Dank gebührt Herrn Dr. H. Pietzner vom Geologischen Landesamt Krefeld für die Erstellung der Schwermetallanalysen, ebenso Herrn Prof. Dr. W. Schirmer an der Abt. Geologie der Universität Düsseldorf für die Pelit- und Phosphoranalysen.

Literatur

- EIMERN, van J., 1975: Klima, p. 107 - 108 In: Exkursionsführer zur Jahrestagung in Regensburg. (O. Wittmann, ed.) - Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 21
- BLUME, H.-P., BRÜMMER, G., 1987: Prognose des Verhaltens von Schwermetallen in Böden mit einfachen Feldmethoden. - Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 53, 111 - 117

- HÄDRICH, F., 1970: Zur Anwendbarkeit einiger bodenkundlicher Untersuchungsmethoden in der paläopedologischen und quartärgeologischen Forschung unter besonderer Berücksichtigung der Untersuchung von Profilen an Lößaufschlüssen. - Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg 60, 103 - 137
- HERMS, U., BRÜMMER, G., 1984: Einflußgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden. - Z. Pflanzenernährung, Bodenkde. 147, 400 - 424
- KUNTZE, H., HERMS, U., 1986: Bedeutung geogener und pedogener Faktoren für die weitere Belastung der Böden mit Schwermetallen. - Naturwissenschaften 73, 195 - 204
- MÜLLER, G., 1964: Methoden der Sediment-Untersuchung. Teil 1. - Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart
- RIEHM, H., ULRICH, B., 1954: Quantitative kolorimetrische Bestimmung der organischen Substanz im Boden. - Landwirtschaftliche Forsch. 6, 173 - 176
- ROHDENBURG, H., MEYER, B., 1968: Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän? - Göttinger Bodenkdl. Berichte 6, 127 - 212
- RUPPERT, H., 1987: Natürliche Grundgehalte und anthropogene Anreicherungen von Schwermetallen in Böden Bayerns. - GLA-Fachberichte 2 "Bayerisches Geol. Landesamt, München"
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., 1989: Lehrbuch der Bodenkunde.- Enke-Verlag, Stuttgart
- SCHELLMANN, G., 1988: Jungquartäre Talgeschichte an der unteren Isar und der Donau unterhalb von Regensburg. - Inaug.-Diss. Univ. Düsseldorf
- SCHLICHTING, E., BLUME, H-P., 1966: Bodenkundliches Praktikum. - Verlag Paul Parey Hamburg, Berlin

Buchbesprechung

STEINBACH, Gunter (Hrsg.): Werkbuch Biotopschutz. Das Handbuch für alle Praktiker. - Franck / Kosmos Verlagsgruppe, Stuttgart 1990. 127 S., 105 Schwarzweißfotos und 92 Schwarzweißzeichnungen, 36 Pläne, Karten und 5 Tabellen im Text. Gebunden 29.80 DM. ISBN 3-440-06056-X

Biotopschutz ist die einzige Möglichkeit, wirksamen Artenschutz zu betreiben. Dabei sollte der Verbund und die Vernetzung von Biotopen in der Landschaft richtungsweisend sein. Der theoretische Teil des Buches konzentriert sich auf zentrale Begriffe des praktischen Naturschutzes, die sowohl den ökologischen Bereich (z. B. Strukturvielfalt, Biotopvernetzung) als auch den rechtlichen Bereich (z. B. Eingriffsregelung, Bauleitplanung) betreffen. Im praktischen Teil werden der naturnahe und anthropogen beeinflusste Zustand der verschiedenen Lebensräume aufgeführt.

Das Buch richtet sich in erster Linie an alle, die sich als Einzelne oder in der Gruppe im ehrenamtlichen Naturschutz engagieren wollen. Allgemeine Tips zur Organisation von Naturschutzaktionen sowie zum Umgang mit Behörden und Politikern werden gegeben. Wertvolle Anregungen erhalten aber auch diejenigen, die sich beruflich mit Naturschutz befassen. Das Buch motiviert zum Handeln.

Evelt-Neite, Düsseldorf