

**Z 81/33**

**MITTEILUNGEN**

der

**DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN  
GESELLSCHAFT**

Band 33  
1982

**ISSN - 0343-107X**

Schriftleitung: P. Hugenroth, Göttingen

MITTEILUNGEN  
DER  
DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN  
GESELLSCHAFT

Referate des Internationalen Symposiums  
über  
Bodenkundliche Probleme städtischer Verdichtungsräume  
Soil Problems in Urban Areas  
im Rahmen der Jahrestagung  
vom 6.9. - 12.9.1981  
Berlin

herausgegeben von  
Hans-Peter Blume und Ernst Schlichting

Band 33  
1982

# I N H A L T

	<u>Seite</u>
BODENKUNDLICHE PROBLEME STÄDTISCHER VERDICHTUNGSRÄUME SOIL PROBLEMS IN URBAN AREAS	
Vorwort	1
HASSEMER, V., Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz des Landes Berlin	
BODENDESTRUKTION IN BALLUNGSGEBIETEN - EIN UNTERSCHÄTZTES PROBLEM SOIL DESTRUCTION IN URBAN AREAS - AN UNDERRATED PROBLEM	5 7
ARU, A., Evaluation of soil losses due to the urban BALDACCINI, P., expansion of Cagliari and its hinterland (Italy)	9
MELIS, R.T., Ermittlung der durch Ausdehnung der Stadt VACCA, S.: Cagliari und ihres Umlandes verursachten Bodenverluste	15
ÖZBEK, H., DINC, U., Untersuchung über die Nutzung fruchtbarer BERKMAN, A., Böden für nichtlandwirtschaftliche Zwecke SENOI, S., KAPUR, S. im Gebiet Cukurova (Türkei)	17
RESULOVIC, H.: Characteristics of soil destruction for urban and industrial purposes in Yugoslavia	23
Charakteristika der Bodenzerstörung bei Städtebau und Industrieansiedlung in Jugoslawien	27
WOHLRAB, B.: Der Einfluß urbaner Bodennutzung und Land- beanspruchung auf die Grundwasserverhältnisse Influence of urban land use and land con- sumption on ground-water conditions	29 36
JOVIC, N., Anthropogene Boden- und Vegetations- AVODALOVIC, V. Änderungen in der Beograder Sava-Aue JOVANOVIĆ, B., Anthropogenic changes of soils and VUKIĆEVIC, E.: vegetation in the Sava-lowland near Beograd	37 40
BODENKONTAMINATION DURCH SCHWERMETALLE - EINE ÖKOLOGISCHE ZEITBOMBE	43 46
SOIL CONTAMINATION BY HEAVY METALS - AN ECOLOGICAL BOMB	
CHUDECKI, Z., Folgen der Versalzung von Böden in WOJCIESZCZUK, T.: Szczecin Consequences of salting of soils in Szczecin	49 49
MEYER-SPASCHE, H.: Ionenkonzentration und Dynamik im Boden des Wurzelbereichs von Stadtstraßenbäumen Ion concentration and dynamic in the soil of the root zone of city road trees	51 51
DOBRZANSKI, B.: The influence of human activity on soils of the green belt of the Warsaw agglomeration Einfluß des Bevölkerungsdruckes auf Grün- anlagen des Warschauer Ballungsgebietes	53 57

	<u>Seite</u>	
SAKAGAMI, Kan-ichi,	Heavy metal contents in dust fall and soil of the national park for nature study in Tokyo	59
HAMADA, R.,		
KUROBE, T.:	Schwermetallgehalte der Staubbiederschläge und Böden des Nationalparks in Tokio	66
LICHTFUSS, R.,	Schwermetalle in straßennahen Böden der Stadt Kiel	67
NEUMANN, U.:	Heavy metals in road bordering soils in the city of Kiel	72
POLEMIO, M.,	Soil contamination by heavy metals in industrial areas	75
SENESI, N.,		
BUFO, S.:	Metallkontamination des Bodens in Industriegebieten	79
LUX, W.:	Schwermetallverteilung in Böden im Südosten Hamburgs	81
	The distribution of heavy metals in soils in the south-east of Hamburg	89
ÖGÜZER, V.,	Schwermetallkontamination von Dränkanalwasser der unteren Seyhan-Ebene	91
TAMCI, M.:	Concentration levels of heavy metals such as Ni, Co, and Pb, in the water of drainage channels, and their environmental impact in the Lower Seyhan Plain of Cukurova Region in Turkey	93
HINTZE, B.:	Erste Ergebnisse von Untersuchungen zur Geochemie von Schwermetallen in Böden und Sedimenten des Elbtals	95
BÖDEN VON UND NEBEN ENTSORGUNGEN - PROBLEME DER FEST- UND FLÜSSIGDEPONIEEN		105
SOILS OF AND NEAR WASTE DISPOSAL UNITS - PROBLEMS OF SANITARY LANDFILLS AND WASTE WATER IRRIGATION FIELDS		107
WOHLRAB, B.,	Deponien verschiedenster Art, Probleme ihrer Rekultivierung und Intrgration in die Stadtlandschaft	109
EHLERS, M.,		
MOLLENHAUER, K.:	The various types of waste disposal sites problems concerning their recultivation and integration into an urban landscape	119
STRZYSZCZ, Z.:	Bodenkunde und Rekultivierung	121
	Soil Science and reclamation	124
AVDALOVIĆ, V.,	Probleme der Vegetationsbegrünung auf Mergelhalden des Kohlenbergwerkes Plevlja	125
VUKIČEVIĆ, E.:	Establishment of vegetation on marly deposits from the coal mine Pljevlja	128
SCHRIEFER, Th.,	Untersuchungen zum Wasserhaushalt einer Deponieabdeckschicht	129
WEIDEMANN, G.:	Studies on the water regime of tip cappings	135
GOETZ, D.,	Biologische Steuerung des Abbaus von Müllsickerwasser	137
WIENBERG, R.:	On the biological control of the decomposition of sanitary landfill leachates	148

	<u>Seite</u>	
FILIP, Z., DIZER, H., SEIDEL, K.:	Einfluß einer langjährigen Abwasser- rieselung auf die Mikrobenbesiedlung und -aktivität in einer Brauenerde	149
DIEZ, Th.:	Verbesserung und Kontamination von Böden durch sehr hohe Klärschlammgaben im Nah- bereich einer Großstadt und Möglichkeiten künftiger Nutzung und Melioration Amelioration and contamination of soils caused by very high amounts of sewage sludge in the vicinity of big cities and possibilities of their future use	159
TURSKI, R.:	Gehalt an Schwermetallen im Standort nach Düngung mit Siedlungsabfällen Heavy metal contents in sites after fertilization with sewage sludge	171
BODENNUTZUNG IN VERDICHTUNGSRÄUMEN USE OF SOILS OF HIGH DENSITY AREAS		177 178
SAUERBECK, D.:	Probleme der Bodenfruchtbarkeit in Ballungsräumen Soil fertility problems in urban areas	179 193
BLAKE, G.R.:	Böden unter Sport- und anderen Freizeitnutzungen Soils for Sports and other leisure time uses	195 213
ADAMS, W.A.:	Planned use of turf - design and maintenance Planung von Rasenflächen: Entwurf und Unterhaltung	215 223
RĂUȚĂ, C., CĂRȘTEA, S.:	Some special features of soil management in urban areas Einige besondere Merkmale der Bodenbe- wirtschaftung städtischer Gebiete	225 229
DAM, van J.G.C., WOPEREIS, F.A.:	Bauen im Deltagebiet der Niederlande und Folgen für das städtische Grün Construction in delta areas of Netherlands and consequences for the municipal green	231 236
WESTERVELD, G.J.W., ZEGERS, H.J.M.:	Bodenkartierung für Sportanlagen in Ballungsgebieten in den Niederlanden Soil mapping for sport grounds in densely populated areas of the Netherlands	237 243
HARGITAI, L.:	Entwicklung und Anwendung von künstlichen Böden und Bodenverbesserungsmitteln in Ballungsgebieten Production and application of artificial soils and soil conditioners in urban areas	245 249
EGGELSMANN, R.:	Ist ein oligotropher Feuchtbiotop in Großstadtnähe schutzfähig und erhaltenswert? Is an oligotrophic moist-biotop within a large city able to be protected?	251 256

	<u>Seite</u>
BODENKARTIERUNG - EIN ERFORDERNIS FÜR DIE STADT- UND GRÜNPLANUNG	257
SOIL MAPPING - NECESSARY FOR CITY- AND GREEN-PLANNING	259
DAHM-ARENS, H.:	
Bodenkarten für Planungen in Ballungs- gebieten Nordrhein-Westfalens	261
Soil maps for plannings in densely populated areas of Northrine-Westphalia	262
FICKEL, W.:	
Die Bedeutung der Bodenkarte für planerische Arbeiten in kommunalen Zentren der Ballungsgebiete; darge- stellt an der Bodenübersichtskarte der Stadt Frankfurt am Main	265
The importance of the soil map for planning of communal centres in densely populated areas presented with reference to the soil map of the city of Frankfurt on the Main	267
BLUME, H.-P.:	
Böden des Verdichtungsraumes Berlin	269
Soils of the high density area of Berlin	280

Bodenkundliche Probleme städtischer Verdichtungsräume  
Soil Problems in Urban Areas

V o r w o r t

von

V. HASSEMER

Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz des Landes Berlin

Der Einladung, die Schirmherrschaft für diese Veranstaltung zu übernehmen und die Teilnehmer zu begrüßen, folgte ich besonders deswegen gern, weil zahlreiche und grundsätzliche Bezüge zwischen dem Aufgabenbereich meiner Verwaltung - Stadtentwicklung und Umweltschutz in Berlin - und dem Thema - "Bodenkundliche Probleme städtischer Verdichtungsräume" - bestehen.

Boden auf "freien" und "verfügbaren" Flächen ist einerseits Gegenstand und häufig genug Opfer der Stadtplanung und der räumlichen Entwicklung, andererseits vermittelndes oder tragendes Medium für andere umweltrelevante Faktoren wie Oberflächen- und Grundwasser, Pflanzen- und Tierwelt, also für die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts insgesamt.

Stadtentwicklung und Umweltschutz als einander beeinflussende und sich - im positiven Fall - fördernde Maßnahmen müssen den unersetzbaren Wert der Böden ebenso in ihrer quantitativen Dimension als Flächen oder Räume erkennen wie in ihrer qualitativen Dimension als sich verändernde und belebte Medien. Sparsamer Umgang mit offenen, ökologisch aktiven Flächen in der Stadt und ihrer Umgebung muß ein Ziel "umweltorientierter" Stadtentwicklung sein; der Schutz der Böden vor Verunreinigungen, die Erhaltung ihrer Speicher- und Filterwirkungen, die Sicherung ihrer biologischen Ergiebigkeit bilden ein zweites wichtiges Ziel des Umweltschutzes gerade in einem räumlich so abgetrennten und beengten Gemeinwesen wie Berlin (West) es darstellt. Alle Fachabteilungen meines Hauses sind daher an der behandelten Thematik interessiert und von ihr betroffen; auf der Hand liegen insbesondere die Berührungspunkte zum Wasserhaushalt und zu Landschaftspflege und Naturschutz.

Die in diesen Tagen gesetzten Schwerpunkte sind - bezüglich des "Umweltmediums Boden" - Schwerpunkte auch für den Umweltschutz in Berlin: "künstliche" Böden bzw. Böden in städtischen Grünanlagen, Bodenveränderungen durch Einwirkung von Staubimmissionen, von Schwermetallen und Tausalzen, Einfluß urbaner Bodennutzungen auf die Grundwasser-Verhältnisse, Bodenbildung auf Deponien, Fragen der Rekultivierung und nicht zuletzt Zerstörung und Verlust von Bodenflächen durch stadttypische Nutzungen. Für alle diese Teilaspekte ist auf Exkursionen hier in unserer Stadt reichliches - und, wie ich hoffe, aufschlußreiches und interessantes - Anschauungsmaterial zu finden. Das gilt mit Sicherheit besonders für 2 "künstliche" Böden, die in Berlin zwar nicht in einzigartiger, aber doch in typischer Weise und großflächig zu beobachten sind: einmal auf den ausgedehnten, seit fast 100 Jahren bis auf den heutigen Tag betriebenen Rieselfeldern mit der dort gegenüber der ursprünglichen Feldflur eingetretenen Verschiebung der chemischen und strukturellen Bodeneigenschaften, und zum anderen auf den "Trümmerbergen" und den immer noch ausgedehnten, seit Jahrzehnten sich selbst überlassenen Flächen, die noch von den Zerstörungen und Folgen des Krieges in unserer Stadt zeugen. Sowohl die Rieselfelder als auch die brachliegenden ehemaligen Bau- und Verkehrsflächen sind übrigens für Vegetationskundler und Zoologen ebenso interessant wie für Bodenkundler.

Von Fachleuten und Institutionen aus Berlin (West) sind in den vergangenen Jahren bedeutende Forschungsergebnisse zu der hier behandelten Thematik beigesteuert worden. Zu 2 im Programm der Tagung jedenfalls nicht unmittelbar angesprochenen, jedoch für Berlin besonders gewichtigen Themen, werden gegenwärtig im Auftrag des Senats Gutachten erarbeitet: zur Gefährdung der Straßenbäume durch in den Boden entweichendes Stadtgas und zur langfristigen Auswirkung des Herbizideinsatzes u.a. auf Stoffhaushalt und Bodenstruktur. Ich hoffe, daß auch die Ergebnisse dieser Untersuchungen der Problemlösung zugute kommen werden.

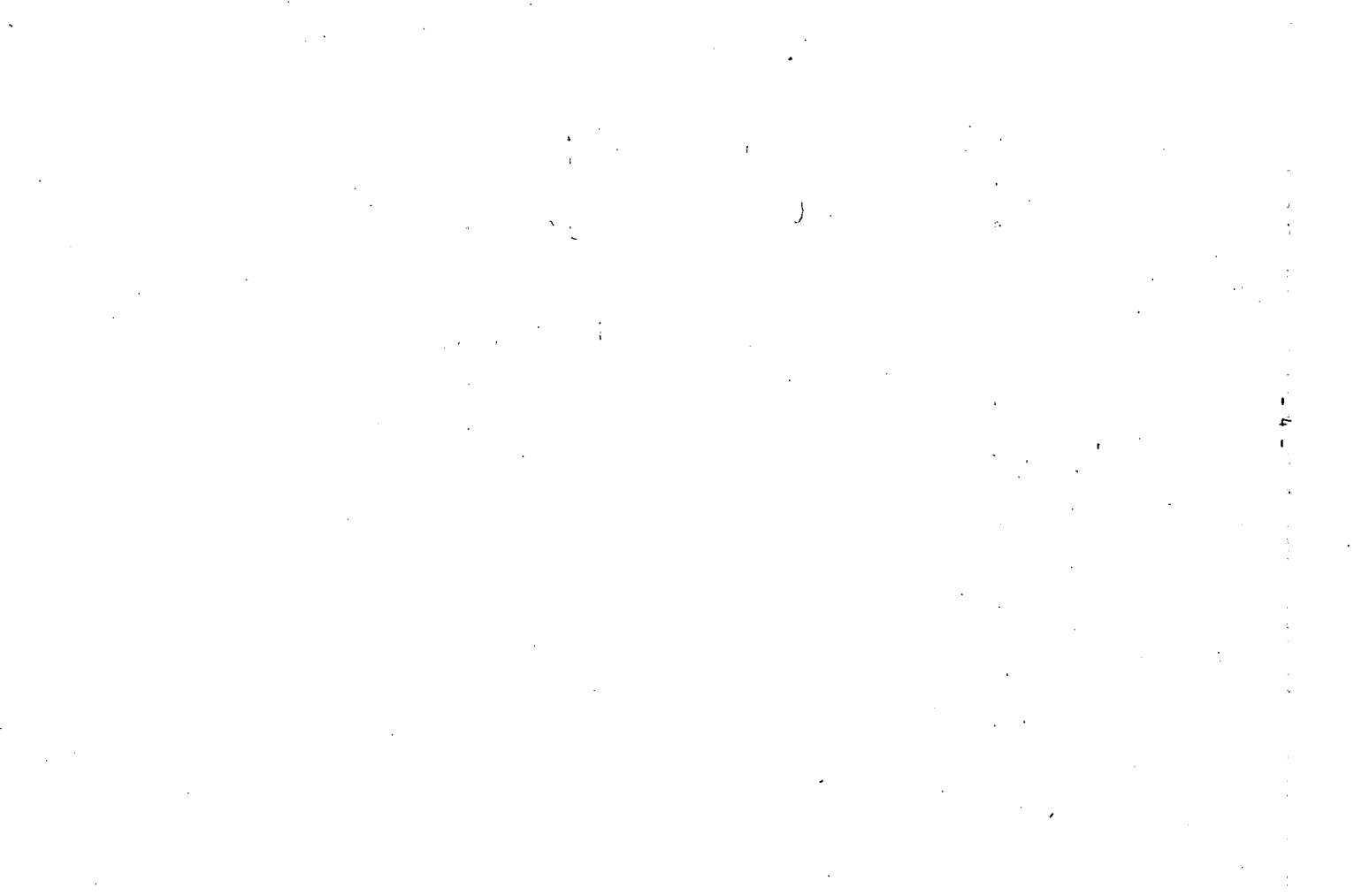
Unmittelbar angesprochen sind dagegen Tausalze. Wir sind stolz darauf, in Berlin mit dem Versuch eines tausalzfreien Gebiets in der Innenstadt begonnen zu haben. Wir werden diesen Versuch im kommenden Winter erweitert fortsetzen.

Zu lange bildeten die von Zivilisation und Technik beeinflussten und umgeformten Großstadt-Flächen "weiße Flecke" auf den bodenkundlichen Karten; sie waren unerforschtes Land. Es ist deshalb ein sehr anzuerkennendes Verdienst der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft und der hier versammelten Symposiums-Teilnehmer, sich der Frage der Entstehung und Entwicklung



und besonderen Funktion "urbaner Böden" in umfassender Betrachtung zuzuwenden. Daß diese Tagung hier in Berlin zustande gekommen ist, ist nicht zuletzt der Initiative und der umfangreichen Vorarbeit von Herrn Prof. Dr. Blume, dem Leiter des Fachgebietes Bodenkunde am Institut für Ökologie der Technischen Universität Berlin, zuzuschreiben. Ihm ist an dieser Stelle dafür besonderer Dank zu sagen.

Allen Teilnehmern wünsche ich erfolgreiche Arbeitstage hier in Berlin; ich hoffe, daß sie neben interessanten Eindrücken von Berliner Böden auch ein wenig von dem übrigen erleben und aufnehmen mögen, was unsere Stadt ausmacht.



Bodendestruktion in Ballungsgebieten -  
ein unterschätztes Problem

Böden

tauschen Energie und Gase mit der erdnahen Luft,  
lassen Wasser unter Austausch von Energie und gelösten Stoffen  
passieren,

sind daher Lebens- und/oder Wurzelräume für Tiere und/oder Pflanzen.

Sie beeinflussen

als natürliche Filter die Qualität von Grund- und Oberflächen-  
wässern und deren Fluß sowie

als natürliche Nährmedien Quantität und Qualität vieler Nahrungs-  
ketten.

Sie sind also wesentliche Elemente der Ökosphäre. Ihre Gefährdung  
wird aber weit weniger beachtet als die von erdnahen Luftschich-  
ten oder Gewässern, weil sie weniger offenkundig ist und den ein-  
zelnen Menschen weniger direkt betrifft.

Daher wurden von der FAO und dem UNEP Experten aus aller Welt zur  
Entwicklung einer "World Soils Policy" zusammengerufen. In diesen  
Beratungen stand im Vordergrund

die Gefährdung der Ernährung einer in Zahl und Ansprüchen zuneh-  
menden Weltbevölkerung

durch Erschöpfung armer (bes. tropischer), Versalzung bewässerter  
(bes. subtropischer) und Erosion labiler Böden (in beiden Regionen),  
also von Böden in dünn besiedelten Gebieten (vorwiegend von Ent-  
wicklungsländern).

Die Probleme in dicht besiedelten Regionen (nicht nur der Indu-  
strielländer und nicht nur der Nahrungsproduktion) und die daraus  
resultierenden Aufgaben für die Bodenkunde sind aber nicht ge-  
ringer, und zwar aus folgenden Gründen:

- a) Man kann zwar die Bedürfnisse der Menschen an Rohstoffen und  
Nahrung (jedenfalls derzeit noch) durch Transporte aus großer  
und die an Wasser aus mittlerer Ferne decken, die an reiner  
Luft aber nicht durch technische Transporte befriedigen und  
schon gar nicht die - nicht minder wichtigen - an etwas natür-  
licher Augenweide. - Störungen solcher Bodenfunktionen betref-  
fen in Ballungsräumen einen viel größeren Anteil der Bevölke-  
rung als es dem Flächenanteil dieser Böden entspricht. Uns  
sollten die Menschen mehr kümmern als die Flächenanteile.

- b) Andere Eingriffe des Menschen in seine Umwelt mögen zwar ebenso zunehmen wie Eingriffe in die Bodendecke von Ballungsräumen und haben sicher eine größere Publizität (wie die Rodung tropischer Regenwälder mit nachfolgender Bodenerosion bei unzweckmäßiger Nutzung). Aber der Ersatz der Natur- durch eine Kulturvegetation dient primär der Deckung vitaler Bedürfnisse von Menschen und ist in Maßen durchaus reversibel. Selbst Erosionseffekte sind theoretisch völlig durch Bodenbildung reversibel, praktisch durch Kulturmaßnahmen, solange noch Wurzelraum erhalten blieb. Die Bodendestruktion in Ballungsräumen durch Ausgraben oder Begraben unter Gebäuden, Straßen usw. deckt dagegen primär zivilisatorische Bedürfnisse und entspricht einer völligen Erosion mit großer Geschwindigkeit und der Bodenneubildungsrate Null, ist also wirklich total und irreversibel. - Diese Entwicklung ist umso gravierender, als parallel zur Abnahme der Filteroberflächen Emissionen verschiedener Art zunehmen. Die Bodenfunktionen werden also besonders dort gestört, wo ihre Erhaltung besonders wichtig wäre (z.B. für die Gewässergüte).
- c) Die Bodendestruktion greift durch Emissionen (einschließlich solcher in Form von Menschenmassen) weit über das Kerngebiet der Städte hinaus und betrifft tendenziell mehr "gute" als "schlechte" Böden, weil einerseits Siedlungen - unter sonst gleichen Bedingungen - dort begannen und heranwuchsen, wo die Böden produktiver waren (so daß in vielen Ländern eine Parallelität zwischen Bodengüte und Siedlungsdichte festzustellen ist), und andererseits in steigendem Maße für flächenintensive Bauten (Flugplätze, moderne Fabriken, Supermärkte usw.) ebene Flächen mit tiefgründigem Lockermaterial bevorzugt werden, eben Flächen mit überdurchschnittlich produktiven Böden. - Daher wirkt sich die Destruktion dieser Böden weit stärker aus als es ihrem Flächenanteil entspricht und wäre eindrucksvoller in Einheiten verlorener Nahrung (z. B. t Weizen) als betroffener Fläche darzustellen.

Aus diesen Sachverhalten ergeben sich für Bodenkundler als Aufgabe, beizutragen zur Eindämmung des Landverbrauches, indem den Bürgern Ausmaß und Folgen der Bodendestruktion (und die daraus resultierende Notwendigkeit der Bescheidung aller) einsichtig gemacht werden, und zur Lenkung der unvermeidbaren Destruktionen auf funktional weniger wichtige Böden, indem planungsrelevante Unterlagen erarbeitet werden.

## Soil Destruction in Urban Areas - an Underrated Problem

### Soils

exchange energy and gases with the air, allow water to percolate while exchanging energy and solutes, are, therefore, suitable living and/or rooting media for animals and/or plants.

They influence,

as natural incubators, the physical and chemical state of the atmosphere,

as natural filters, the quality of ground and surface waters and their flow, and,

as natural nutrient cultures, the quantity as well as the quality of many food chains.

Thus, the soil mantle is an essential element of the ecosphere. However, its deterioration is by far less noticed than that of the globe's atmosphere and of the waters around and on the continents (probably because it is less obvious and affects the individual less directly).

Therefore, UNEP and FAO invited experts from many countries to formulate the bases for a "World Soils Policy". The discussions stressed mainly the imperilment

of the food supply of a world population increasing in number and demands

by exhaustion of poor (mainly tropical), salinization of irrigated (mainly subtropical) and erosion of labile soils (in both regions), thus, of soils in sparsely populated regions (mainly of developing countries).

However, the problems in densely populated regions (not only of industrial countries and not only for production in agriculture and forestry), and the resulting tasks of soil science are no smaller, for the following reasons:

- a) The human demand for fibres and food can, indeed, be met by transport over long, and those for water over medium distances, but that for clean air cannot be satisfied by technical transports, and not at all the demand for some natural green - which is no less important. In urban areas, disturbances of such soil functions harm a high proportion of the population on a relatively small acreage. And we should be concerned about people more than about acreages.

- b) Other encroachments of man on his environment may, indeed, increase like that on the soil cover of urban areas, and certainly have more publicity (like the clearing of tropical rain forests with a subsequent soil erosion under inappropriate land use). But replacement of the natural vegetation by cultivated plants is done primarily to meet vital requirements of the people and is reversible to a certain degree. Even the effects of soil erosion are reversible, in theory entirely by soil formation and in practice by suitable management, as long as sufficient rooting space is preserved. The soil destruction in urban areas by excavation and/or burial of soils under buildings, roads etc., however, serves primarily requirements of civilization and is equivalent to a total erosion at a high velocity and with a soil regeneration rate of zero, thus, is total and truly irreversible. - This development is the graver as, parallel to the decrease of the filter surfaces, emissions of various kinds are increasing. Consequently, the soil functions are deteriorated at places where their preservation would be most desirable or necessary (e.g. for the water quality).
- c) The soil destruction (also by emissions, including those caused by human crowds) extends far beyond the cities and, in tendency, affects more "good" than "bad" soils since - on the one hand - under otherwise equal conditions, settlements started and grew where the soils were more productive (hence in many countries a parallelity between soil quality and population density is to be observed) and - on the other hand - land-consuming constructions (airfields, modern factories, supermarkets etc.) increasingly prefer level surfaces with deep loose materials, i.e. areas with the more productive soils. - Thus, the effect of the destruction of such soils is by far larger than their proportion of the total acreage. It would be more impressive to express the destruction in terms of lost food (e.g. tons of wheat) rather than of area involved.

From these facts the task arising for soil scientists is to contribute to the checking of land consumption by explaining the extent and the consequences of this soil destruction to the public and impressing on them the necessity for moderation, and to direct unavoidable soil destruction onto functionally less important soils by working out the relevant data for future planning.

EVALUATION OF SOIL LOSSES DUE TO THE URBAN EXPANSION OF CAGLIARI  
AND ITS HINTERLAND (ITALY)

von

A.ARU, P.BALDACCINI, R.T.MELIS and S.VACCA<sup>+</sup>)

INTRODUCTION

Cagliari (capital of Sardinia, 240,000 inhabitants), whose urban expansion is a consequence of its becoming a town district, is the seat of the Regional Government, all essential services and industries. The city, located in a barycentric position in relation to its populous hinterland, extends in a West-East conurbation, enveloping the neighbouring town of Quartu S. Elena.

The total demographic pressure of about 500,000 inhabitants, including about 80,000-100,000 daily commuters, is centred upon Cagliari, so that the city, no longer capable of supporting its own urban growth, has to turn to those districts belonging to the surrounding Communes, as its territorial resources are almost exhausted.

The phenomenon of the large scale building on available areas taken from agriculture has led to a study on the consequences that might reveal themselves in the diminishing soil resources.

The study evaluates those soils taken over by the urban expansion of Cagliari and Quartu as well as the villages of Elmas, Pirri, Monserrato and Quartucciu and the Communes of Selargius and part of Sestu from 1954 to 1977. Cartographic and aerophotogrammetric documentation is available for this period.

METHODOLOGY

The study was developed through the following points:

a) Data research and delimitation of the three successive urban expansion stages (1954/58 - 1968 - 1977). Aerophotogrammetric surveys are available for the above stages.

---

<sup>+</sup>) Institute of Geology, Physical Geography and Palaeontology -  
University of Cagliari.  
Unità operativa n.27 Progetto Finalizzato "Difesa del suolo" Sottoprogetto  
"Dinamica dei versanti" Consiglio Nazionale delle Ricerche.

b) Study of the soils and soil map reconstruction up to 1954/58. The map reconstruction of the soils for already built-up areas was achieved through the examination of previous studies suitably correlated to the surveys carried out in unbuilt-up areas. The study methodology is in accordance with that of the Consiglio Nazionale delle Ricerche<sup>1)</sup>, the analytic aspect of the study is in accordance with that of the Società Italiana della Scienza del Suolo<sup>2)</sup>. The classification is in accordance with the U.S.D.A. system<sup>3)</sup>. The soils map scale is 1:25,000.

c) An evaluation of the land use capability according to various soil associations of the soil map was carried out with the aid of the above bases, local information and agricultural use of unbuilt-up areas, employing the Land Capability System<sup>4)</sup>.

d) Soil loss (absolute and in per cent), divided into mapping units, was evaluated for 1968 and 1977, with reference to 1954/58 as the basis. The electronic data processing, carried out by the O.T.A.S. Computer Centre, was digitized using a Hewlett Packard digitizer, by which the GAUSS coordinates of the points outlining the areas concerned were read. The above data were stored, filed and processed with a suitable programme; a plotting was also made.

#### SOILS MAP

The soils map was calculated on a global area of 9905.58.32 hectares. 8 mapping units, corresponding to as many soil associations, were distinguished. For the purpose of the study, the soils were classified at a subgroup level as far as the taxonomy is concerned and at a class level as far as the land use capability is concerned.

**M a p p i n g U n i t A :** Soils originating from limestones and chalky sandstones of the Miocene period, on undulating morphology characterized by steep slopes and high erosion risk. The profiles are of the A-C type. From the classification point of view, they are Lithic Xerorthents together with wide sections of outcropping rock, belonging to the Land Capability System class 7. They are unsuitable for any kind of agriculture.

---

1) C.N.R. (National Council for Research, Soil Conservation Section):  
GUIDE TO SOIL DESCRIPTION, 1977.

2) S.I.S.S. (Soil Science Society of Italy), Committee for standardized methods of soil analysis, Bulletin n. 10, 1976.

3) U.S.D.A. Soil Conservation Service, SOIL TAXONOMY, 1975.

4) Klingebiel, A.: LAND CAPABILITY CLASSIFICATION, HB 210, 1961.



**M a p p i n g U n i t B :** Soils originating from marl, marl-sandstones and limestones of the Miocene period and shallow sediments of the Quaternary period, on lightly undulating or level morphology. The above soils, usually more than 70 cm deep, show an A-B<sub>2</sub>-C profile, good drainage, stable structure and good physical and chemical fertility. Some defects may occur in the permeability in those soils with vertic characteristics. They are Typic Xerochrepts belonging to the Land Capability System class 2. They are excellent for arboreous cultivation (vines, olives, and almonds), open field trees and industrial plants.

**M a p p i n g U n i t C :** Soils originating from glacis and ancient alluvions on level morphology. The soils, more than 100 cm deep, show an A-B<sub>2tca</sub>-C<sub>ca</sub> and A-B<sub>2t</sub>-C<sub>m</sub> profile, have excellent physical properties and good chemical fertility. They are Calcic Palexeralfs and Petrocalcic Palexeralfs, belonging to the Land Capability System class 2, and are suitable for all mediterranean cultivations except for those sensitive to lime.

**M a p p i n g U n i t D :** Soils originating from recent alluvions along the stream on level morphology. The soils, more than 100 cm deep, show an A-C profile. There are no restrictions in use, since physical-chemical properties are excellent. They are Typic Xerofluvents, belonging to the Land Capability System class 1, and are excellently suited for all cultivations.

**M a p p i n g U n i t E :** Areas bordering on ponds characterized by a high salty water-table. They show an A-C profile with considerable accumulation of salts which are soluble throughout the profile. They belong to the Typic Salorthids subgroup and to the Land Capability System class 8. They are unsuitable for any kind of agriculture.

**M a p p i n g U n i t F :** Shore sands without any pedogenetical evolution. They are Lithic Xeropsamments belonging to the Land Capability System class 7, since it is possible to introduce arboreous species and shrub pioneers in strips.

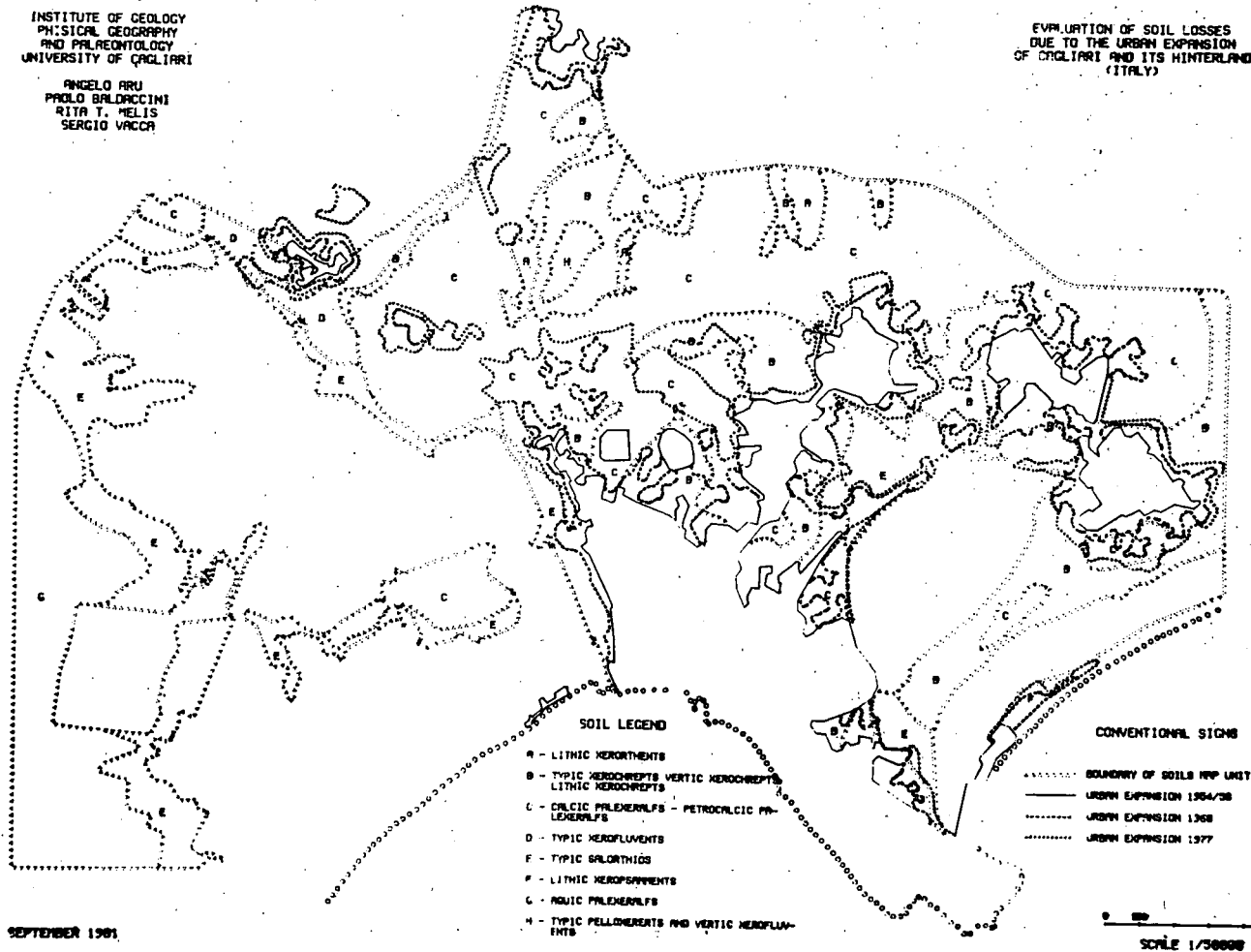
**M a p p i n g U n i t G :** Soils originating from ancient terraced alluvions of a pebbly nature, on level morphology. The soils, more than 100 cm deep, show an A-B<sub>2t</sub>-C<sub>g</sub> and A-B<sub>2tg</sub>-C profile, strong cementation, low permeability, massive structure and a low reserve of various plant nutrients. They are Aquic Palexeralfs belonging to the Land Capability System class 4. High investment makes arboreous and herbaceous cultivation possible.

# SOIL AND URBAN EXPANSION MAP

INSTITUTE OF GEOLOGY  
PHYSICAL GEOGRAPHY  
AND PALAEOGEOLOGY  
UNIVERSITY OF CAGLIARI

ANGELO ARU  
PAOLO BALDACCINI  
RITA T. MELIS  
SERGIO VACCA

EVALUATION OF SOIL LOSSES  
DUE TO THE URBAN EXPANSION  
OF CAGLIARI AND ITS HINTERLAND  
(ITALY)



## SOIL LEGEND

- A - LITHIC MEROCHREPTS
- B - TYPIC MEROCHREPTS VERTIC MEROCHREPTS  
LITHIC MEROCHREPTS
- C - CALCIC PALEHRAPIPS - PETROCALCIC PA-  
LEHRAPIPS
- D - TYPIC MEROFLUENTS
- E - TYPIC GALURTHIDS
- F - LITHIC MEROPOSSUMS
- G - AQUIC PALEHRAPIPS
- H - TYPIC PELLORCHREPTS AND VERTIC MEROFLU-  
ENTS

## CONVENTIONAL SIGNS

- ..... BOUNDARY OF SOILS MAP UNIT
- URBAN EXPANSION 1954/58
- ..... URBAN EXPANSION 1968
- ..... URBAN EXPANSION 1977

With regard to the cartographic unit G, the increased loss is due to the expansion of the industrial area, particularly intensive after 1968. The soil loss, appraised from the agricultural point of view only, is qualitatively less important than that found for the two previous units.

In the cartographic units of low agricultural interest there is only a moderate loss; in unit E by expansion of industrial areas, in unit F by touristic infrastructures.

With regard to both units D and H, the loss appears to be limited prior to 1977, extensive after that date.

Table 2 shows both absolute and per cent decrease variations undergone by each soils map unit in 1968 and 1977 relative to 1954/58, considered as the basis. The above table clearly demonstrates that both units D and C underwent their greatest losses, with higher per cent increases, in 1977 with respect to 1968. Moreover the same table confirms that the soils map units (except for unit F) comprising soils of no agricultural interest underwent increasing urbanization.

TABLE 2: CARTOGRAPHIC UNIT AREAS AND THEIR ABSOLUTE AND PER CENT DECREASES.

M.U.	AREAS						
	1954/58		1968		1977		
	ha	%	ha	%	ha	% 68	% 54/58
A	195.0593	100	184.5977	5.4	163.5294	11.4	16.2
B	1719.3726	100	1375.8577	20.0	1052.0668	23.5	38.8
C	3489.4888	100	3122.5969	10.5	2493.3593	20.2	28.6
D	252.1099	100	248.0555	1.6	234.3781	5.5	7.0
E	1243.3763	100	1173.8787	5.6	1064.5423	9.3	14.4
F	109.9754	100	88.2698	19.7	76.9997	12.8	30.0
G	853.7811	100	853.7811	0.0	521.3287	38.9	38.0
H	53.3667	100	53.3667	0.0	53.3667	0.0	0.0

**CONCLUDING REMARKS**

The taking over of large soil areas has been caused by urban expansion, major communication systems and industrial estates. Such a land use is in itself remarkable. This phenomenon, when correlating the take over of soils to their potential production, appears to be even worse since the expansion of Cagliari and its hinterland has developed at the expense of soils better suited to agriculture.

**M a p p i n g U n i t H :** A limited area in a hollow originating from erosion material of the underlying formation. During winter it shows hydro-morphic phenomena. The soils, more than 100 cm deep, show an A-C profile, a high proportion of expanding clay minerals and consequently low permeability. They are Typic Pelloxererts and intergrades between Vertic Xero-fluvents and Typic Pelloxererts. They belong to the Land Capability System class 2.

**AREAS TAKEN OVER BY URBAN EXPANSION**

On the basis of this survey, the built-up areas were measured along with those of each soil map unit taken over and the loss percentages calculated.

The built-up area of Cagliari and its hinterland in 1954/58<sup>5)</sup> comprised 1989.05 ha; in 1968 it had increased by 41.0 % to a total area of 2805.17 ha; in 1977 it had increased by 51.4 % relative to 1968 or 113.5 % relative to 1954/58 to a total built-up area of 4246.01 ha.

It is important to distinguish between the areas taken over by the various soils map units, as shown in Table 1. The highest losses are suffered by soils that could be used for agriculture: unit B lost a total of 667 hectares and unit C lost 996 hectares. The above two cartographic units deal with soils in which intensive agriculture and large profits were possible. Infrastructures for irrigation were once built on some of these areas.

**TABLE 1: SOIL TAKEN OVER BY URBAN EXPANSION DIVIDED INTO CARTOGRAPHIC UNITS (1954/58 - 1977).**

M.U.	1968 ha	1977 ha	TOTAL 1977
A	10.4616	21.0683	31.5299
B	343.5149	323.7909	667.3058
C	366.8919	629.2376	996.1295
D	4.0544	13.6774	17.7318
E	69.4976	109.3364	178.8340
F	21.7056	11.2701	32.9757
G	0.0000	332.4524	332.4524
H	0.0000	0.0000	0.0000
<b>TOTAL</b>	<b>816.1260</b>	<b>1440.8331</b>	<b>2256.9591</b>

<sup>5)</sup> Two separate dates are given since the I.G.M. Cartography of 1958 and the aerial photos of 1954 were employed.

#### REFERENCES

- Aru A. and Baldaccini P., I suoli della Sardegna Meridionale, Studi sassaresi, sez. III, Vol. XVII, 1967.
- Badas R., Corti E., Milesi E., Sanna A. and Zedda A., I piani regolatori della città di Cagliari, Atti Fac. Ing., Vol. 7, anno IV, n.2, ott. 1976.
- Barroccu G., Crespellani T. and Loi A., Caratteristiche geologico-tecniche dei terreni dell'area urbana di Cagliari, Fac. Ing., 1979.
- Bartelli L.J., Soil Surveys and land use planning, Soil Sci. Soc. Am., 1966.
- Beek K.J. and Bennema J., Evaluacion de Tierras para la planificacion del Uso Rural, FAO, Boletin Latino Americano sobre Fomento de Tierras y Aguas, 10.3, Santiago, Chile, 1973.
- S.I.S.S., Atti della Tavola rotonda sul tema: La cartografia dei suoli, scopi, metodi, applicazioni. Cagliari, 1972.
- Vink A.P.A., L'importanza della geomorfologia per la cartografia pedologica e per la valutazione delle terre per differenti utilizzazioni. Cagliari, 1981.
- Vink A.P.A., La valutazione delle terre per le diverse utilizzazioni. Cagliari, 1981.

#### Ermittlung der durch Ausdehnung der Stadt Cagliari und ihres Umlandes verursachten Bodenverluste

Die Autoren berichten über eine Ermittlung der durch Ausdehnung Cagliariis von 1958 - 1977 überbauten Böden.

Die Böden wurden nach der US-Soil Taxonomy klassifiziert und nach ihrem Nutzungspotential bewertet. Dabei ergab sich, daß der Ausdehnung der Stadt vorwiegend die Böden mit höchstem Produktionspotential zum Opfer fielen. Daher ist notwendig, daß die vorhandenen pedologischen Unterlagen als Basis für die Stadtplanung genutzt werden, um Verluste an Bodenvorräten bei städtischem Wachstum zu minimieren.



Untersuchung über die Nutzung fruchtbarer Böden für  
nichtlandwirtschaftliche Zwecke im Gebiet Çukurova  
(Türkei)

von

Üzbek, H., U. Dinç, A. Berkman, S. Senol und S. Kapur \*

Einführung

In den 30er Jahren war die Türkei fast völlig ein Agrarland. Aber schon damals wurde geplant, es tiefgreifend zu reformieren und zu industrialisieren. Seit 1960 ist dieses Ziel in Fünfjahresplänen enthalten, die aber auch betonen, daß die Landwirtschaft nicht zu vernachlässigen sei (2). Da Böden sowohl für die industrielle als auch für die landwirtschaftliche Entwicklung nötig sind, müßte theoretisch bei der Planung entschieden werden, der Industrie günstige Plätze zu bieten, ohne der Landwirtschaft zu schaden. Praktisch aber kann jeder etwas bauen, wo es ihm ökonomisch erscheint. Von den 77.8 Mio ha der Türkei sind nur 35% landwirtschaftlich nutzbar, und von diesen 27.7 Mio ha gehören fast 40% zu den Ertragsklassen I und II. Und gerade auf diesen Böden entwickelt sich die Industrie. Die meisten dieser Böden werden bewässert, und der Staat investiert immer mehr in die Erweiterung solcher Anlagen.

Im folgenden wollen wir eine Region mit hohem Agrarproduktionspotential beschreiben, in der die Industrieausbreitung die fruchtbarsten Böden und damit die Landwirtschaft bedroht.

Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Untersuchungsgebiet (s. Fig.1) ist ein Delta von drei Flüssen unter subtropischem Klima (18,3 °C, 650 mm), in dem Baumwolle, Weizen, Zitrusfrüchte und Frühgemüse (neuerdings auch Soja) die Hauptkulturen sind und die Standortsbedingungen mehr als zwei Ernten pro Jahr erlauben.

Nach gründlichem Studium von Luftaufnahmen von 1956 und 1978 wurden Geländearbeiten durchgeführt. Daten der Industriekammer (1) dienten als Kontrolle. Bodencharakteristika wurden Bodenkarten 1:200000 und 1:100000 sowie Berichten von TOPRAKSU (4, 5, 6) entnommen. Wegen

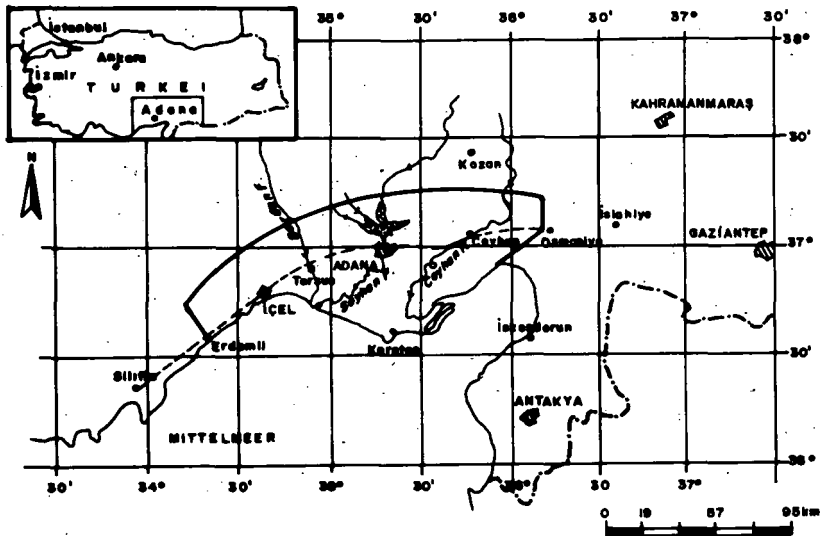


Fig. 1 Lage des Untersuchungsgebietes

des Fehlens neuerer Luftaufnahmen wurden 1980 neue und seit 1975 erweiterte Industriebetriebe durch Feldaufnahmen festgestellt. Die Klassen der Bodennutzungskapazität wurden nach der Methode des Soil Conservation Service (3) ermittelt.

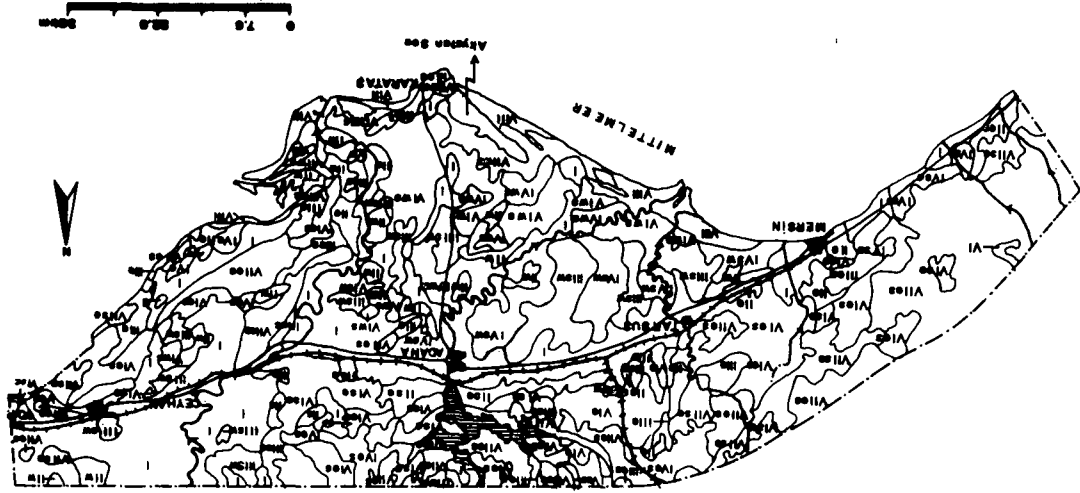
### Ergebnisse

Aus Fig.2 geht hervor, daß die Böden am Fuße des Taurusgebirges (Terra rossa auf alten Terrassen) zu den Ertragsklassen IV, VI und VII gehören und die Böden der unteren Alluvialebene nahe dem Mittelmeer zu den Klassen III, IV und VII infolge ihrer hohen Ton- und Salzgehalte und ungünstigen Gefügeeigenschaften (bes. Durchlässigkeit). Zwischen diesen beiden Gebieten nehmen Böden der Klassen I und II etwa 247.520 ha ein. Sie sind allgemein sehr tiefgründige tonige Schluffe alluvialer Herkunft und haben keine Kultivierungsprobleme. Gerade auf diesen Böden dehnt sich die Industrie aus (und wird die Autobahn Iskenderun-Mersin mit einem Landbedarf von ca. 740 ha gebaut):

Aus Tab.1 sowie Fig.3 und 4 ist ersichtlich, daß die Industriebetriebe 1956 fast völlig zwischen Adana und Mersin lagen und sich 1975 auch zwischen Adana und Karataş bzw. Osmaniye angesiedelt hatten. Es waren aber immer noch mehr als 60% an der Strecke Adana-Mersin (nahe der Hauptstraße zum Hafen). Diese Böden gehören zur Klasse I. 1980 sind die Relationen ähnlich, aber die Zahl der Be-



Fig. 2 Bodennutzungskapazität im Untersuchungsgebiet



Tab.1: Industriebetriebe (> 500 m<sup>2</sup>) im Untersuchungsgebiet

Region	1956		1975		1980	
	n	%	n	%	n	%
Adana-Mersin	56	86.2	86	60.1	111	60.0
Adana-Karataş	6	9.2	25	17.5	32	17.3
Adana-Osmaniye	3	4.6	32	22.4	42	22.7
Total	65	100.0	143	100.0	185	100.0

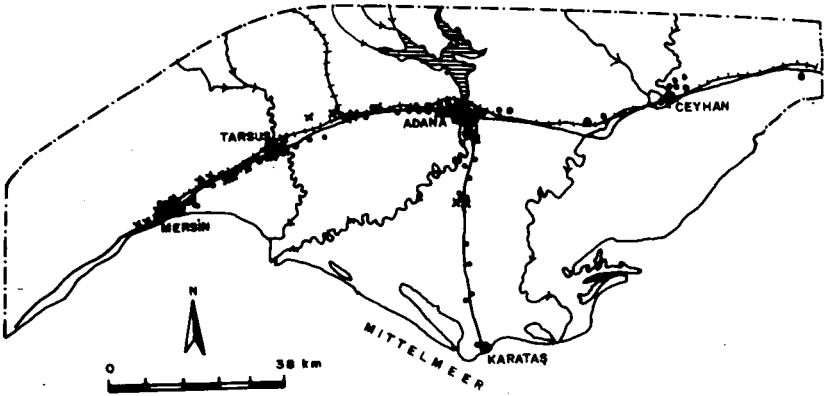


Fig. 3 Industriebetriebe (> 500 m<sup>2</sup>) im Untersuchungsgebiet 1956(x) und 1975(.)

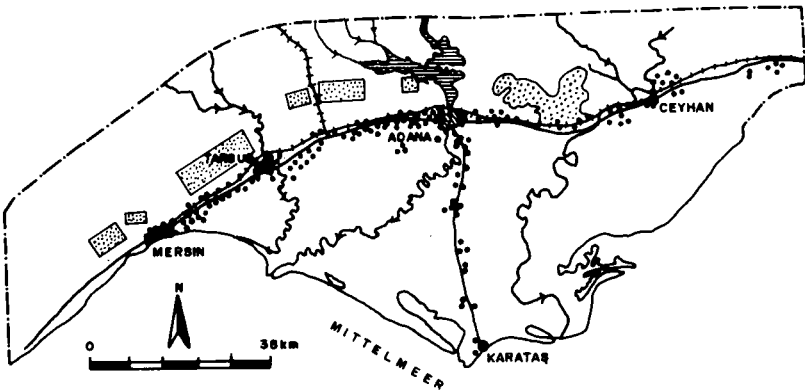


Fig. 4 Industriebetriebe (> 500 m<sup>2</sup>) im Untersuchungsgebiet 1980(.) und dafür besser geeignete Flächen (punktiert)

triebe ist weiter gestiegen. Besonders an der Strecke Adana-Osmaniye werden wegen der Autobahn und der Bedeutung von Iskenderun (Eisenwerk, Hafen) viele Betriebe gebaut.

Tab.2: Für Industriebetriebe im Çukurova-Gebiet verwandte Kulturböden und deren Bodennutzungskapazität

Jahr	Gesamt	Klasse I		II		III		IV		V	VI		VII	VIII
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		ha			
1956	69.1	66.8	96.7	1.3	1.9	0.2	0.3	0.8	1.2	-	-	-	-	-
1975	1112.1	1028.9	92.5	8.4	0.8	13.2	1.2	8.8	0.8	-	52.8	4.7	-	-
1980	2557.6	2352.9	92.0	25.6	1.0	30.6	1.2	20.6	0.8	-	127.9	5.0	-	-

Die für Industriebetriebe verwandte Fläche nahm von 1956 bis 1980 sehr stark zu (s.Tab.2). 1980 befanden sich Industriebetriebe auf etwa 2380 ha und zwei Flughäfen auf etwa 1590 ha Böden der Klassen I und II.

Tab.3: Wohnflächen (ha) einiger Städte im Çukurova-Gebiet

Stadt	1956	1975	1975:1956
Adana	283.7	2645.8	9.3
Mersin	113.6	721.1	6.3
Tarsus	77.4	497.1	6.4

Parallel zur Entwicklung der Industriebetriebe wuchsen auch die Wohnviertel (s.Tab.3). Bei einer Geburtenrate von 2.5 % und Berücksichtigung der Zuwanderung ergibt sich für 1980 ein weiteres Anwachsen, und zwar besonders auf Böden der Klassen I und II.

Nahe der Strecken, an denen Industriebetriebe die besten Böden besetzen, gibt es auch Flächen mit Böden der Klassen IV, VI und VII, die man als Industriegelände benutzen könnte (s.Fig.4). Da die Entwicklung der Industrie nötig ist, diese Flächen aber 1-5 km von den Hauptstraßen entfernt liegen, müßte der Staat hier die Infrastruktur verbessern und andere Maßnahmen ergreifen, damit die Industrieanlagen nicht auf den besten, sondern auf den weniger fruchtbaren Böden gebaut werden.

LITERATUR

1. ANONYMUS, 1975, Adana İli İmalat Sanayii; Adana Sanayi Odasi yayinlari
3. DEVLET PLANLAMA TESKILATI, 1976, Toprak ve Su Kaynaklari. IV. Bes Yillik Kalkinma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu; Yayin No: DP 1517 ĐIK:215
3. SOIL CONSERVATION SERVICE, 1961, Land Capability Classification. USDA Agriculture Handbook No. 210. Washington, D.C.
4. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü, 1974. Dogu Akdeniz Havzasi Topraklari. Havza No:17 Raporlar Serisi 68, Ankara
5. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü, 1974. Seyhan Havzasi Topraklari. Havza No:18 Raporlar Serisi 70, Ankara
6. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü, 1973. Ceyhan Havzasi Topraklari. Havza No:20 Raporlar Serisi 69, Ankara

CHARACTERISTICS OF SOIL DESTRUCTION FOR URBAN  
AND INDUSTRIAL PURPOSES IN YUGOSLAVIA

von  
H. RESULOVIC<sup>+</sup>)

INTRODUCTION

Damage and destruction processes of soil in the sphere of agricultural production are considerable. Such losses in Yugoslavia are 15.000 ha per year i.e. 41 ha disappear every day, or 0,14 % of the arable land. In the some other developed countries these losses are much higher, so in Sweden 0,37 %, Holland 0,45 %, Belgium 1,5 % (Bender, 1976).

Intensive development of technology, development of urban and rural settlements and infrastructural systems, application of Up-to-date methods in exploitation of resources - such as open coal mine, cause serious destruction of soils, particularly such of high quality. As these tendencies are permanently increasing it has become a very serious problem. Such tendencies will continue to exist and, in some fields, will be permanently increasing because of growing population, further development of technology and more intensive exploitation of resources. Box (1978) emphasizes that "... we will ever see less drastic disturbance of our landscape than we have today". In the process of intensive development of technology, urbanization and growth of different industries, agricultural land has become a "target" of their attacks and conquests causing considerable reduction of its area. Similar problems exist in other countries (Bradshaw et al., 1980, Barner, 1978, Box, 1978). Pronounced tendency of growing losses of high quality soil for non-agricultural purposes is most intensively spreading in plane zones. These zones have predominant concentration of urban and industrial settlements what will have to be corrected and directed towards lower quality soils. Characteristics experienced so far have been: lack of adequate control, non-rationality and negligence in respect of losses in high quality soil.

---

<sup>+</sup>) Faculty of Agriculture, Sarajevo, Yugoslavia

The question we now face is how to coordinate such tendencies of progressive reduction of agricultural land with rapid development of industrial and urban settlements.

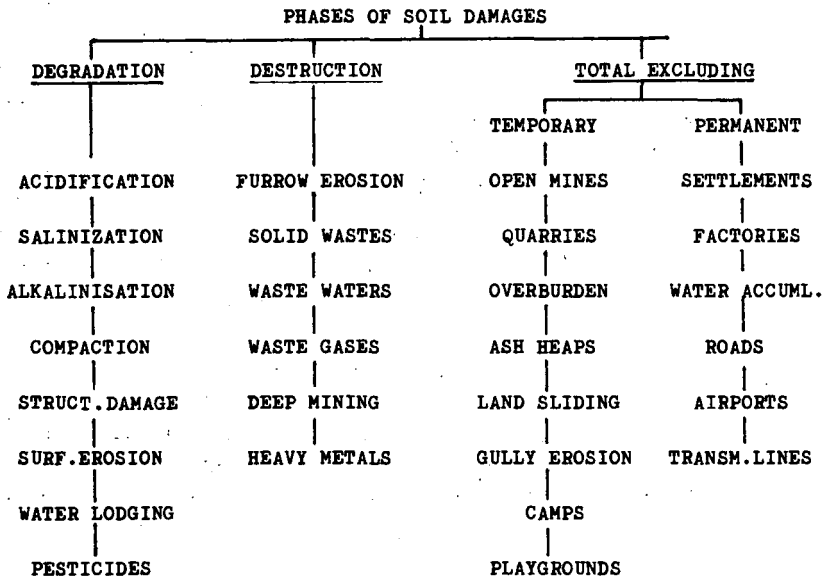
As a basis, it should be emphasized that area planning should be coordinated with the planning of agrarian transformation i.e. transformation of agricultural area.

In this paper we shall try to elaborate some of these problems and in particular:

- different stages of soil damages as a function of urbanization and industry, and
- possibilities of protection of high quality soil from its increasing non-agricultural use.

### 1. DIFFERENT STAGES OF SOIL DAMAGES AS A FUNCTION OF URBANIZATION AND INDUSTRY.

More than 20 different causes of soil destruction have been registered so far. In terms of industry with which those causes affect the soil we have formed three stages i.e. groups different in consequences (see the scheme).



Group I comprises those causes and consequences that lead to pollution and degradation of soil. These are: acidification, salinization, alkalization, compaction, structural damage, surface erosion, application of pesticides and water lodging.

Group II also comprises causes and consequences but those leading to more serious damages i.e. destruction of soil.

Damages in this group of soils are much heavier and considerably higher investments are needed compared to those in group I. These include: furrow erosion, deposition of waste solids, waters or gases, deep mining, heavy metals.

Group III comprises the most drastic way of soil destruction where, in fact, it physically disappears. Here the soil is totally excluded from primary production. In terms of intensity of soil destruction we have divided this group in two subgroups:

Subgroup IIIa includes areas in which soil is temporarily excluded from production. Soil affected by such a destruction can be, depending on our subsequent interventions, put in order and converted into productive land. These include: open mines, gravel quarries, overburden heaps, ash heaps, land sliding, gully erosion, camps and playgrounds.

Subgroup IIIb represents the most serious type of damage where, in fact, soil is destroyed forever.

It includes construction of settlements, factories, roads, railways, water accumulations, transmission lines and airports. Construction of settlements and industrial projects leads to more or less all types of soil damages described above, either directly or indirectly. Direct influence of urbanization is most drastically manifested on soil and these predominantly come from subgroup IIIb. Consequences of these damages are even worse due to the fact that they are primarily oriented towards most valuable soils. In this way Yugoslavia loses about 5.000 ha of best soil each year.

## 2. POSSIBILITIES OF PROTECTION OF HIGH QUALITY SOIL FROM ITS NON-AGRICULTURAL USE

It should be emphasized at the beginning that there are no absolute measures in soil protection and that destruction will continue. There are, however, several possibilities to limit such tendencies in order to affect soils of the lowest possible quality.

The following are some of the most important measures:

- introduction of high taxes for non-agricultural use of high quality soil;
- development of settlements and industrial projects on lower quality soils, and
- reclamation of damaged soils.

### 2.1. Introduction of high taxes for non-agricultural use of high quality soil

There are a number of legal regulations in Yugoslavia today in relation to protection and utilization of soil.

Introduction of high taxes on the best agricultural soils would considerably reduce utilization of such soils for non-agricultural purpose. Taxes foreseen would be ten and more times higher than market value of such land. These taxes accumulate in special funds which we can use for reclamation and amelioration of insufficiently productive and damaged soils. Introduction of such high taxes has reduced interest of non-agricultural users in high quality soils since their own economy of operation would direct them to use lower quality soils.

### 2.2. Development of settlements and industrial projects on lower quality soils

There has been a pronounced tendency in recent years directed towards the development of new settlements on lower quality soils. In addition to the introduction of high taxes this has also been encouraged by increasing use of charts of land capability. Classes I, II and III are considered to be exclusively agricultural land where no construction of settlements, industrial projects or roads is allowed.

### 2.3. Reclamation of damaged soils

There is already a considerable area of damaged and destroyed land in Yugoslavia - over 200.000 hectares.

So far, a relatively small part has been reclaimed - about 300 hectares. It is planned that the reclamation "quota" in the future should be between 300 and 500 ha annually.

Parallel with and within reclamation measures proper settlement works of the whole damaged area will be carried out.

Reclamation measures will especially include areas of open coal mines no longer in use. Research carried out on the suitability of overburden materials through tests in the field and in laboratories reveal ample possibilities of the future inclusion of increasing areas in such undertakings. In this way soil destruction process will be considerably mitigated.



### SUMMARY

The fast urbanization and industrialization have led to numerous and serious soil destructions which can be divided in 3 groups:

I includes factors causing pollution and degradation of soils,  
II comprises reasons and consequences causing soil destruction,  
III comprises the most serious types of soil destruction in which its total exclusion from primary production occurs. Soils in subgroup IIIa are excluded temporarily and in subgroup IIIb permanently lost.

Annual losses of arable land in Yugoslavia have been 15.000 ha, i.e. 0,14%. Of these losses 5.000 ha are attributed to urban settlements, factories, communications and gravel quarries which are predominantly located on high quality soils.

The whole chain of these non-agricultural users of soil is as follows: urban and rural settlements, factories, communications, open mines, gravel quarries.

In order to reduce the volume of such damages several measures have been undertaken, the most important ones being: introduction of high taxes for non-agricultural uses of high quality soils, encouraging of development of settlements and industrial projects on lower quality soils and reclamation of damaged areas.

### LITERATURE

- Barner, J. (1978): REKULTIVIERUNG ZERSTÖRTER LANDSCHAFTEN, Enke, Stuttgart.  
Bender, J. (1976): PROSPECTS OF AGRICULTURAL REHABILITATION OF BROWN COAL SPOIL BANKS. Inter. Symposium, Katowice, Thema 1.  
Box, W.T. (1978): THE SIGNIFICANCE AND RESPONSIBILITY OF REHABILITATING DRASTICALLY DISTURBED LAND. Reclamation of Drastically Disturbed Lands. Madison, Wisconsin, USA.  
Bradshaw, A.D., Chadwick, M.J. (1980): THE RESTORATION OF LAND, Blackwell, Oxford.  
Resulović, H., Vlahinić, M., Marušić, M. (1977): CONSUMPTION OF AGRICULTURAL SOILS FOR NON-AGRICULTURAL PURPOSES. Zemljište i biljka, vol. 26, No 2, Beograd.

### CHARAKTERISTIKA DER BODENZERSTÖRUNG BEI STÄDTEBAU UND INDUSTRIEANSIEDLUNG IN JUGOSLAWIEN

Die Bodennutzung für nichtlandwirtschaftliche Zwecke steigt ständig an, so daß dieser Prozeß heute einen sehr großen Umfang erreicht hat. Als Folge des konstanten Bevölkerungswachstums und der Industrieausdehnung gingen große Flächen guter Ackerböden durch Bebauung verloren. Rasche Urbanisierung und Industrialisierung haben zahlreiche Konsequenzen, die wie folgt gruppiert werden können:

- 1) Verunreinigung und Verschlechterung sowie temporärer Entzug der Böden aus landwirtschaftlicher Nutzung.
- 2) Zerstörung des Bodens durch Abtrag bzw. Versiegelung.

Die erste Gruppe dominiert, wobei Oberflächenabtrag, Zugabe organischer und mineralischer Abfälle, Staub und Abwasser, Verunreinigung mit Schwermetallen, löslichen Salzen, Pesticiden oder Aerosolen sowie Erosion erfolgen.

Die zweite Gruppe umfaßt Gewässer, städtische und ländliche Siedlungen, Straßen und Eisenbahnlinien, Sportplätze, Betriebe und Flughäfen.

Es wird geschätzt, daß die heutigen jährlichen Bodenverluste Jugoslawiens 15.000 ha (= 0,14%) betragen. Davon sind 5000 ha Ackerböden, die für städtische Siedlungen der Industrie, Straßenbau und Eisenbahnlinien herangezogen wurden. Diese Verluste sind auf die besten Böden konzentriert.

Maßnahmen zur Verminderung der ausgedehnten Bodenzerstörung wären:

- Einführung höherer Steuern bei der Nutzung guter Böden für solche Zwecke
- Konzentrierung von Siedlungen und Industrien auf weniger günstigen Böden
- Rekultivierung zerstörter Flächen.

Der Einfluß urbaner Bodennutzung und Landbeanspruchung  
auf die Grundwasserverhältnisse

von

B. Wohlrab \*

1. Einleitung

Vergleicht man auf entsprechenden thematischen Karten Mitteleuropas, speziell der Bundesrepublik Deutschland, die Ausbreitung urbaner Gebiete mit den Arealen bedeutender Grundwasserlandschaften, dann fällt auf, daß viele Räume siedlungsmäßiger und industrieller Verdichtung (AFRUL, 1969/71) zusammenfallen mit ergiebigen bis sehr ergiebigen Grundwasservorkommen (AUST u. a., 1980). Die Urbanisierung stellt nun einen Entwicklungsvorgang dar, an dem die verschiedenartigsten menschlichen Aktivitäten beteiligt sind, die in z. T. sehr massiver Weise in das komplexe System des Wasserhaushaltes eingreifen (McPHERSON, 1974, aus MASSING, 1978). Die wesentlichsten dabei auftretenden Veränderungen sind in Tafel 1 zusammengestellt. Die Übersicht läßt bereits erkennen, daß viele mit der urbanen Bodennutzung und Landbeanspruchung verbundenen anthropogenen Eingriffe auf den Grundwasserhaushalt und die Grundwasserbeschaffenheit Einfluß nehmen, vor allem, soweit es sich um das oberste Grundwasserstockwerk handelt.

2. Wirkungen urbaner Bodennutzung auf den Grundwasserhaushalt

In urbanen Gebieten können allgemein folgende Komplexe anthropogener Eingriffe in den Grundwasserhaushalt unterschieden werden:

- o Umwandlung natürlicher bzw. naturnaher Vegetationsflächen mit ungestörten Böden in Industrie-, Siedlungs-, Verkehrs- und sonstige Nutzflächen sowie innerstädtisches Grün mit ihrer Wirkung auf die Grundwasserneubildung;
- o Wasserentnahmen für öffentliche und private Versorgungszwecke, oft mit

---

\* Institut für Mikrobiologie und Landeskultur (Landeskultur) der Justus-Liebig-Universität Gießen, Senckenbergstraße 3, D-6300 Gießen

$$N + Z = E_B + E_W + E_P + T + A_O + A_b + A_g$$

N (-) +	<u>Niederschlagsabnahme</u> im Luv als Folge von Warmluftfahnen trockenerer Stadtluft; Niederschlagszunahme in den der Hauptwindrichtung abgewandten Bereichen durch Zufuhr von feuchterer Luft aus Nachbargebieten. Niederschlagszunahme generell infolge des größeren Aerosolgehaltes (Kondensationskerne).
Z +	<u>Wasserzufuhr</u> von außerhalb (Trink-, Brauch- und sonstiges Wasser).
E <sub>B</sub> +	Zunahme der <u>Evaporation</u> von versiegelten <u>Bodenoberflächen</u> (je nach Niederschlagsstruktur).
E <sub>W</sub> +	Zunahme der <u>Evaporation</u> von <u>Wasserflächen</u> , falls diese vergrößert (künstliche Teiche, Seen, Kanäle usw.).
E <sub>P</sub> -	Abnahme der <u>Evaporation</u> von <u>Pflanzenbeständen</u> (Interzeptionsverdunstung) mit der Verringerung von Vegetationsflächen; aus gleichem Grund:
T -	Abnahme der <u>Transpiration</u> ; außerdem Verminderung auf ehemals grundwasserbeeinflussten Feuchtstandorten (nach Grundwasserentzug).
A <sub>O</sub> +	Zunahme des <u>Oberflächenabflusses</u> infolge Versiegelung (und Bodenverdichtung).
A <sub>b</sub> + (?)	Zunahme des oberflächennahen <u>Bodenwasserabflusses</u> (über dem Grundwasserspiegel) durch die verschiedenartigen Entwässerungssysteme (z.B. Kanalisationen, unterirdische Verkehrseinrichtungen, Baustellen usw.).
A <sub>g</sub> ± bis -	Geringere natürliche Grundwasserneubildung (→ <u>Abfluß</u> über das <u>Grundwasser</u> ) insbesondere durch Ausfall der versiegelten Flächen; größere Grundwasserneubildung auf vormals grundwasserbeeinflussten Vegetationsflächen (nach Grundwasserentzug); Grundwasseranreicherung je nach Art und Funktion künstlicher Gewässer; Auswirkungen von Eingriffen in das Grundwasser, von Leckagen usw.

Tafel 1: In Verbindung mit der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung (oben) abgeleitete anthropogene Veränderungen ihrer wichtigsten Komponenten in urbanen Gebieten (+ Zunahme; - Abnahme).

wachsender Oberbeanspruchung der vorhandenen und z. T. durch andere Eingriffe geschmälernten Grundwasserneubildung;

- o zeitweilige, sich häufig überlagernde Wasserhaltungen von Baugruben und Tiefbaustellen;
- o als Staukörper wirkende Bauwerke (und Verdichtungen) im Grundwasserleiter (z. B. unterirdische Verkehrsbauten);
- o einerseits den Grundwasserabfluß beschleunigende, andererseits die Infiltration fördernde Wasserbauten;
- o Grundwasserfreilegung durch Bodenaushub sowie Gewinnung von Steinen und Erden.

Auf die Grundwasserneubildung hat die Bebauung den größten Einfluß. Alle von Hochbauten überdachten, durch Straßen und Plätze versiegelten Flächen, die Anschluß an die Kanalisation erhalten haben, scheiden für die Absickerung aus (BRECHTEL und v. HOYNINGEN-HUENE, 1979). Mit den Folgen der Versiegelung hat man sich vor allem aus der Sicht der zunehmenden Hochwasserführung auseinandergesetzt (u. a. PLATE, 1976); aber auch in Modellstudien über den Grundwasserhaushalt von Stadtgebieten hat sie Berücksichtigung gefunden (BATTERMANN, 1975). Zu erwähnen sind neuerliche Bestrebungen, durch entsprechende Bauweisen, vor allem auf Plätzen (Rasensteine), den Sickerwasserabfluß ganz oder teilweise wieder zu ermöglichen, unter Reduzierung des Oberflächenabflusses (BRECHTEL und v. HOYNINGEN-HUENE, 1979).

Noch wenig erforscht ist die Frage, mit welchen Pflanzenbeständen auf innerstädtischen Grünflächen und ggf. mit welcher Bodenbehandlung die Grundwasserneubildung erhalten bzw. gefördert werden kann. BLUME (1978) kam zu dem Schluß, daß auf Trümmerschuttflächen Berlins eine nennenswerte Grundwasserneubildung stattfindet, „solange sie eine Krautvegetation aufweisen bzw. mit Rasen bedeckt sind“ (160 mm Versickerung im Jahr als Mittel von zweijährigen Messungen bzw. Berechnungen), „bei tiefwurzelnden Gehölzen findet unter Berliner Klimaverhältnissen hingegen kaum eine Grundwasserneubildung statt“. Diese Differenzierung deckt sich im Prinzip mit den Untersuchungsergebnissen von BRECHTEL und v. HOYNINGEN-HUENE (1979) aus dem Forschungsgebiet Frankfurt, wobei hier noch deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen landwirtschaftlichen Pflanzenbeständen, Baumarten und Altersklassen auftraten. In Abhängigkeit von der Interzeptionsverdunstung vermindert sich die Grundwasserneubildung auf drei Großlysimetern in der Reihenfolge: Grünland - Eichen-Buchenwald - Weymouthskiefernwald, wie SCHROEDER (1980) unter den Klimabedingungen im Zentrum des Münsterlandes nachweisen konnte. RENGER und STREBEL (1980) kommen zu ähnlichen Ergebnissen beim Vergleich Nadelwald, Laubwald, Grünland und Acker in Niedersachsen.

Je nach Umwandlung natürlicher bzw. naturnaher Waldvegetation - meist Laubwald verschiedener Baumartenzusammensetzung unter Vorherrschen von Buche und Eiche als Klimax - in Forstbestände (insbesondere Nadelbäume als Wirtschaftsholzarten) einerseits oder gartenbaulich-landwirtschaftliche Kulturpflanzenbestände andererseits muß demnach von einer Verminderung oder Zunahme der Grundwasserneubildung auf den verbleibenden land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen in urbanen Gebieten ausgegangen werden. Diese grundsätzliche Aussage wird allerdings durch den Einfluß der Geländeform sowie des Bodens und seiner nutzungsbedingten Behandlung (vom Tiefriegolen bis zum Verdichten) variiert (siehe auch WOHLRAB, 1981). Hinzuweisen ist noch darauf, daß mit der Trockenlegung ursprünglich grundwasserbeeinflußter Feuchtgebiete (u. U. mit Grundwasserzehrung) die Grundwasserneubildung unter den allein auf Niederschläge angewiesenen Pflanzenbeständen zunimmt bzw. positiv wird (LAMBRECHT u. a., 1979). Eine Zehrung des Grundwassers kann hingegen bei seiner Freilegung durch Aufschlüsse für verschiedene Zwecke eintreten (WOHLRAB, 1981).

Störungen der Grundwasserverhältnisse, vor allem Absenkungen des Grundwasserspiegels, waren und sind heute noch vielfach ein Spiegelbild der Wirtschaftsentwicklung urbaner Gebiete (DENNER, 1947; KREMS, 1975). In Stadtregionen mit quartärem Untergrund haben sie oft bedrohliche Landsenkungen ausgelöst (WOHLRAB, 1972).

### 3. Einflüsse urbaner Bodennutzung auf die Grundwasserbeschaffenheit

Der Versickerung direkt zugängliche Grundwasserleiter in urbanen Gebieten sind verschiedenen Einflüssen ausgesetzt, die ihre physikalischen, chemischen und mikrobiologisch-hygienischen Eigenschaften verschlechtern können. Die wesentlichsten sollen im folgenden aufgeführt werden, ehe auf die Wirkungen der Bodennutzung im eigentlichen Sinne eingegangen wird.

- o Das Grundwasser des obersten Stockwerkes ist im Bereich von Stadtgebieten meist erwärmt. MATTHESS (1973) nennt gemessene Temperaturerhöhungen von 2 bis 3 °C. BALKE (1974) ermittelte im Zentrum von Köln eine Zunahme von knapp 4 °C; „die thermische Beeinflussung ist stellenweise bis in etwa 30 m Tiefe nachweisbar“. Als mögliche Quellen nennt er das Stadtklima ganz allgemein, die Wärmeabgabe geheizter Wohn- und Betriebsgebäude, das Abwasserkanalnetz, Versickerung bzw. Infiltration von Oberflächenwasser und Kühlwassereinleitungen: Durch die seit einigen Jahren zunehmend praktizierte Energiegewinnung aus dem Grundwasser (Wärmepumpen) kommt es andererseits zu einer Abkühlung (MARTZ, 1977, aus Hölting, 1980).
- o Das verzweigte Netz von Ver- und Entsorgungsleitungen und die erdverlegten

Behälter (insbesondere Heizöl- und Treibstofftanks) mit ihren nie ganz zu vermeidenden Undichtigkeiten und Leckagen sind eine ständige Verunreinigungsgefahr für oberflächennahes Grundwasser (HÖLTING, 1980).

- o Von Verkehrsanlagen, vor allem von Straßen, können Belastungen des Grundwassers ausgehen. Straßenspezifische Indikatoren sind neben Natriumchlorid Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle (GOLWER, 1978, aus Höltling, 1980).
- o Urbane Gebiete sind vielfach von älteren Abfalldeponien durchsetzt, die oft ohne Rücksicht auf das Grundwasser angelegt wurden. Ihre Durchsickerung bzw. Durchströmung führt zu ausgeprägten, mehr oder weniger ausgedehnten Belastungszonen (GOLWER u. a., 1976). Nicht unbeachtet bleiben dürfen in diesem Zusammenhang die vielen industrie- bzw. gewerbeeigenen Lagerplätze mit ihrem weiten Produktspektrum. Hinsichtlich der Deponien sei im übrigen auf den Beitrag von WOHLRAB, EHLERS und MOLLENHAUER in dieser Schrift verwiesen.
- o Die natürlichen und künstlichen mehr oder weniger verunreinigten und eutrophierten Oberflächengewässer stehen mit dem Grundwasser streckenweise oft in Wechselbeziehung und können es auf diese Weise belasten.
- o Im Weichbild verschiedener Großstädte waren Abwasserlandbehandlungsanlagen entstanden (Rieselflächen), die mittlerweile - z. T. stark überlastet - mehr und mehr von Siedlungsgebieten umgeben sind.

Mit dem zuletzt genannten Beispiel ist bereits eine besondere Form urbaner Bodennutzung angeführt, die im Prinzip bei sachgemäßer Anwendung Umweltbelastungen, die von den Städten auf benachbarte noch stärker ländlich geprägte Räume übergreifen, in Grenzen halten kann.

Der Anteil landwirtschaftlicher, insbesondere gärtnerischer Nutzflächen ist in vielen Verdichtungsgebieten nicht unbedeutend. Soweit es die verschiedenen Einflüsse der umgebenden Industrie und Siedlungen zulassen, werden diese Flächen wegen der direkten Vermarktungsmöglichkeiten meist sehr intensiv bewirtschaftet. Auf ihren vielfach tiefgründig gelockerten, mit organischer Substanz und mit Nährstoffen angereicherten Böden (näheres in den Beiträgen BLUME und SAUERBECK in dieser Schrift) laufen witterungsbedingt - durch Bewässerung häufig gefördert - rege Umsetzungen ab, die zwangsläufig nicht immer mit den Ansprüchen der nach ökonomischen Anbauzielen ausgerichteten Pflanzenbestände konform gehen. Das Risiko der Nährstoffverlagerung ist dann vergleichsweise groß (LAMBRECHT u. a., 1979). Die Gefahr relativ konzentrierten Sickerwasserflusses bis zum Grundwasser läßt sich nicht leugnen. Das zeigen vor allem die bedenklich hohen Nitratwerte sauerstoffreichen Grundwassers in einigen landwirtschaftlichen Intensivgebieten, vor allem in urbanen Regionen und ihrer

unmittelbaren Nachbarschaft (AURAND u. a., 1980; OBERMANN, 1981, darin u. a. zit.: TERHAAG und EYER, 1958). Eine Nitratanreicherung im Grundwasser kann allerdings auch auf der durch Trockenlegung ausgelösten verstärkten Zersetzung von Niedermooren bzw. in humusreichen Niederungsböden (Grundwasserabsenkung in Feuchtgebieten) beruhen (LAMBRECHT u. a., 1979). Noch komplexer ist die Frage nach der möglichen Verlagerung der verschiedenen Pflanzenbehandlungsmittel und ihrer Metabolite in das Grundwasser.

#### 4. Zusammenfassung

Nach einem Überblick über die Wirkungen der Urbanisierung auf das komplexe System des Wasserhaushaltes werden die anthropogenen Einflüsse zunächst auf die Grundwasserverhältnisse in mengenmäßiger Hinsicht, danach auf die Grundwasserbeschaffenheit behandelt. Im Vordergrund stehen dabei die mit der Bodenentwicklung und dem Nutzungswandel in Verdichtungsgebieten einhergehenden Veränderungen (Tafel 2).

Grundwasserhaushalt	Flächenversiegelung (Bodenverdichtung) Deponien verschiedenster Art Grundwasserfreilegung Wandel in der Vegetationszusammensetzung: - Parkanlagen - Forst - Nutzgärten, Gartenbau - Trümmer- und Brachflächen
Grundwasserbeschaffenheit	thermische Beeinflussung Verunreinigungen im Zusammenhang mit der Bebauung Durchsickerung (Durchströmung) von Abfalldeponien Verlagerung von Nährstoffen (Pflanzenbehandlungsmitteln und ihrer Metabolite?) auf intensiv genutzten landwirtschaftlichen und gärtnerischen Flächen
Tafel 2: Die wichtigsten Einflüsse urbaner Bodennutzung auf Grundwasserhaushalt und Grundwasserbeschaffenheit.	



Literaturverzeichnis

- AFRUL, 1969/71: Daten zur Raumplanung, Zahlen - Richtwerte - Übersichten;  
Akad. f. Raumforsch. u. Landesplanung, Gebr. Jänecke Verlag, Hannover, II D. 6 (2a)
- AURAND, K., V. HASSELBARTH u. G. MOLLER, 1980 (Hrsg.): Atlas zur Trinkwasserqualität in der Bundesrepublik Deutschland (BIBIDAT);  
Erich Schmidt Verlag, Berlin
- AUST, H., H. VIERHUFF u. W. WAGNER, 1980 (Bearbeiter): „Grundwasservorkommen in der Bundesrepublik Deutschland“;  
Schriftenreihe „Raumordnung“ des Bundesmin. f. Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, 06.043
- BALKE, K.-D., 1974: Der thermische Einfluß besiedelter Gebiete auf das Grundwasser, dargestellt am Beispiel der Stadt Köln;  
GWf, Wasser - Abwasser, 115. (3), 117-124, Oldenbourg-Verlag, München
- BATTERMANN, G., 1975: Grundwasserhaushalt eines Stadtgebietes;  
Z. dt. geol. Ges. 126, 253-260, Hannover
- BLUME, H.-P., 1978: Wasserhaushalt innerstädtischer Ruderalstandorte mit unterschiedlichen Pflanzenbeständen;  
Schriftenreihe des KWK (DVWK), Heft 34, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin, 164 - 171
- BRECHTEL, H.M. u. J. v. HOYNINGEN-HUENE, 1979: Einfluß der Verdunstung verschiedener Vegetationsdecken auf den Gebietswasserhaushalt; Gewässerpflege - Bodennutzung - Landschaftsschutz.  
Heft 40 der Schriftenreihe des DVWK, 172-223, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin
- DENNER, J., 1947: Grundwasserstand als Spiegelbild der Entwicklung Berlins;  
Die Technik, Bd. 2, Nr. 2 (Febr.), 59-65
- GOLWER, A., K.-H. KNOLL, G. MATTHESS, W. SCHNEIDER u. K.H. WALLHÄUSER, 1976: Belastung und Verunreinigung des Grundwassers durch feste Abfallstoffe;  
Abh. Hess. Landesamt für Bodenforschung, Heft 73, Wiesbaden
- HOLTING, B., 1980: Hydrogeologie. - Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie;  
F. Enke Verlag, Stuttgart
- KREMS, G., 1975: Die Grundwassersituation in Berlin (West) und die Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen im Rahmen von Baumaßnahmen auf den Grundwasserhaushalt;  
Z. dt. geol. Ges. 126, 215-222, Hannover
- LAMBRECHT, K., H. RAMERS, G. REGER, V. SOKOLLEK u. B. WOHLRAB, 1979: Einfluß der Bodennutzung auf Grundwasserneubildung und Grundwassergüte;  
Berichte zur Landeskultur; Hrsg.: Hess. Min. f. Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Wiesbaden
- MASSING, H., 1978: Beziehungen zwischen wasserwirtschaftlichen Ansprüchen urbaner Gebiete und den Wirkungen der Brache auf den Wasserhaushalt;  
Schriftenreihe des KWK (DVWK), Heft 34, 178-188, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin

- MATTHES, G., 1973: Die Beschaffenheit des Grundwassers. - Lehrbuch der Hydrogeologie, Bd. 2; Gebr. Borntraeger, Berlin u. Stuttgart
- OBERMANN, P., 1981: Hydrochemische/hydromechanische Untersuchungen zum Stoffgehalt von Grundwasser unter dem Einfluß landwirtschaftlicher Nutzung; Habil.-Schrift Ruhr-Universität Bochum, Abt. Geowissenschaften
- PLATE, E.J., 1976: Auswirkung der Urbanisierung auf den Wasserhaushalt; Wasserwirtschaft 66, H. 1/2, 7-14
- RENGER, M. u. O. STREBEL, 1980: Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften; Wasser und Boden, H. 8, 362-366, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin
- SCHROEDER, M., 1980: Zur Grundwasserneubildung unter Wald; unveröffentl. Bericht, Amt f. Wasser und Abfall, Münster
- WOHLRAB, B., 1972: Senkung und Verformung der Erdoberfläche; Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 13, 65-78, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin
- WOHLRAB, B., 1981: Wasserhaushalt und Landnutzung; agrarspektrum - Schriftenreihe des DAF, Bd. 1, 42-61, Verlagsunion Agrar.

---

Influence of urban land use and land  
consumption on ground-water conditions

The first part treats the consequences of urban land use on the water household in quantitative respect. The ground-water renewal is reduced by increasing sealing of buildings, streets and places which are connected with the municipal sewage system. Several kinds of sewage systems for construction-measures are the reason for the withdrawal of ground-water. Locally concentrated the same effect comes from older plants for water supply, where the catchment areas are more and more densely populated. Constructions of civil engineering as railway systems, road nets and inland water-way systems disturb the conditions of ground-water flow. Artificial lakes change the local water household and possibly the local ground-water situation.

The second part deals with the impairment of the physical, chemical and hygienic qualities of ground-water. The various reasons and different ways of contamination of ground-water are described. The contamination occurs punctiform or linear by sinking of waste water, by leakage of pipelines, and by lixivation of deposits and product dumps. In addition to that a diffuse anthropogen contamination of different kind occurs.

ANTHROPOGENE BODEN- UND VEGETATIONS-ÄNDERUNGEN  
IN DER BEOGRADER SAVA-AUE

von

N. JOVIĆ, V. AVODALOVIĆ, B. JOVANOVIĆ und E. VUKIČEVIĆ<sup>+</sup>

Einleitung

Den großen Kontrasten zwischen kalten, windigen Wintern und warmen, trockenen Sommern in Beograd entsprechen eutrophe Braunerden (eutric Cambisols) bis Parabraunerden (Luvisols) mit einem xerothermen Wald aus Ungarischer und Zerr-Eiche (Quercetum-farnetto-cerris). Im Gebiet der Sava-Auen haben aber Relief und Entfernung vom Fluß bzw. die damit zusammenhängenden Sedimenteigenschaften und Grundwasserstände (Živković, 1969) einen viel größeren Einfluß auf Böden und Vegetation als das Makroklima. Diese Zusammenhänge wurden bereits früher durch anthropogene Änderungen verwischt und werden in Zukunft noch mehr schwinden. Es war daher das frühere Boden- und Vegetationsmuster zu rekonstruieren und der jetzige Zustand festzustellen, um auf Grund der ökologischen, floristischen und coenotischen Gegebenheiten eine Aussage über die potentielle Vegetation machen zu können, die den geänderten Bodenbedingungen entsprechen wird.

Natürliches Boden- und Vegetationsmuster

Auf der Flußinsel Ada Ciga lija bildeten sich aus lößartigem Auenlehm in Abhängigkeit vom Grundwasserstand Gleye ( $\alpha/\beta$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  n. Wilde, 1962, Antić und Jović, 1965) bis Semigleye (Gleysols) und graue Paternen (calcaric Fluvisols) bis Kalkpaternen (calcaric Regosols). Dem entsprechen Pflanzengesellschaften von Saliceten (mit Silberweide) über Populeten (mit Schwarz- und Silberpappel) zum Quercetum (mit Stieleiche), wie der Übersicht zu entnehmen ist.

In Makiš, einer Lokalität neben einem als Sava-See abgeschnürten Altarm, sind zur Flußterrasse hin (tiefste Lage im terrassenseitigen und Depression im Zentralteil auf mehr oder weniger vernähten Auentonen bis -lehmen Humusgleye (mollic Gleysols) verbreitet mit durch Schwarzerle charakterisierten Gesellschaften auf den nassesten und Harthölzern (Ulme, kleinblättrige Esche, oft auch Stieleiche) auf den trockeneren Standorten (s. Übersicht).

---

<sup>+</sup> Forstfakultät Beograd, Jugoslawien

Boden- und Pflanzengesellschaften der Save-Aue

Landschaft      Ada Ciganlija

Bodenform	Naßgley	Gley	Gley-Kalkpaternia	Kalkpaternia		
			vernäßt	feucht	trocken	
			sehr	gemäßigt	sehr	gemäßigt
Grundwasser cm	20-30	40-120		120-150	> 150	
Vegetation	Salicetum tirandrae	albae	Ulmeto-Fraxi- net.augusti- foliae	Populetum albae nigrae	Popul.albae -Quercetum Querc.roboris	
nach Trocknung						
Bodenform	dito	+ Brauner Gley	Entwicklung zu eutrophen Braunerden			
Vegetation	dito	+ Saliceto-populetum	Entwicklung zum Quercetum farnetto-cerris Rud.			

Landschaft      Makiš

Bodenform	a) tonige, vernähte Böden		b) lehmige, weniger vernähte Böden				
	Humusgley		Gley	Gley-Kalkpaternia vernäßt	verbraunt	Vega	
Kalk	reich		arm				
Grundwasser cm	0		50-50				
Vegetation	Alucetum glutinosa	Salicetum albae	Ulmeto-fraxin. august.- Querc.rob.	Salic.albae- Salic.popul.	Populetum albae- nigrae	Ulmeto-Fraxin. aug. Popul.nigrae Querc.	Querceto roboris
nach Trocknung							
Bodenform	Vertisol			Pararend- zina	eutrophe Braunerde		
					LT-Parab. -Pseudegley	Braunerde	
Vegetation	Fraxinet.augustifol.-Querc.roboris Carpinet.-Querceto roboris			Populet. albae	Carpino-Querc.robr.u.farnet. Quercet.farnetto cerris -Quercetum querc. rob.		

Zum Flußbett hin (höchste Lage am Ufer und hohe im Zentralteil) sind Tongehalt und Vernässung geringer und treten mit deren Abnahme von kleinen Depressionen mit Gleyen (Gleysols) verbreitet graue (calcaric) bis braune Auenböden (eutric Fluvisols) in den höchsten Lagen auf, denen Weiden-Pappel-Gesellschaften, Silber- und Schwarzpappel-Wälder und schließlich Harthölzer bis zum Stieleichen-Wald auf den trockeneren Standorten entsprechen (s. Übersicht).

#### Anthropogene Veränderungen

Bereits das gegenwärtige Boden- und Vegetationsmuster ist stark durch den Menschen geprägt (Abholzung und Rodung, Bau von Dämmen und Kanälen, Bildung des Sava-Sees vor 15 und Anlage des Renney-Brunnens vor 19 Jahren). Der Grundwasserspiegel wird nicht mehr durch den Sava-Stand reguliert, sondern ist in einem Kreis um den Brunnen mit 200 m Radius um 7-9 m auf 12 bis 16 m neben dem Brunnen gesunken (Zivkovič, 1972, 1976). Der Wasserhaushalt wird also nicht mehr durch Überschwemmung und Grundwasserabzug, sondern durch die dem Regionalklima entsprechenden Niederschlags- und Verdunstungsraten gesteuert. Daher werden die prodenetischen Prozesse mehr terrestrisch bedingt, die Standorte mehr durch Transport im umgesättigten Zustand geprägt und die Pflanzengesellschaften im Sinne einer Xerophytisierung verändert. Bis zum Erreichen des klimatogenen "Gajnjača"-Bodens mit einem Wald aus Ungarischer und Zerr-Eiche (*Quercetum faruetto-cerris* Rud.) werden Böden und Vegetation aber noch viele Übergangsstadien durchlaufen müssen.

Nur in einem schmalen Ufersaum mit fortgesetzter Überflutung werden auf Ada Ciganlija und bei Makiš Naßgleye mit Silberweiden verbleiben (s. Übersicht). Gleye werden großflächig in Semigleye und diese in terrestrische Böden übergehen. Nur noch im Hochflutsaum werden Silberweiden-Wälder (unter etwas trockeneren Bedingungen mosaikartig Weide-Pappel-Gesellschaften) vorkommen.

Die Humusgleye aus Auentonen werden in Smolnitzen (*pellic Vertisols*) übergehen und damit die Eschen-Eichen-, später auch die Eichen-Hainbuchen-Wälder ausgedehnt.

An die Stelle der grauen Auenböden (Kalkpaternen) werden überflutungs- und grundwasserfreie Pararendzinen (*calcaric Regosols*) treten, und in die Silberpappel-Wälder wird die Stieleiche einwandern. Die braunen Auenböden (Vegen) werden immer mehr Merkmale von eutrophen Braunerden (*eutric Cambisols*) bekommen, so daß sich das Areal der Eichen-Hainbuchen-Wälder stark erweitern wird.

Die weitere Bodenbildung wird nach Entkalkung auf feinerkörnigen (oder 2-schichtigen) Substraten durch Lessivierung zu Parabraunerden (bis Pseudogleyen) und auf groberkörnigen durch stärkere Verbraunung zu normalen Braunerden führen, die weitere Vegetationsentwicklung zur Ablösung der Hainbuche durch Ungarische und Zerr-Eiche, die schließlich den eingangs erwähnten klimatogenen Wald charakterisieren.

Diese aus den Untersuchungen hergeleiteten Prognosen sind die Grundlage einer rationalen Holzartenwahl bei der gegenwärtigen und künftigen Bepflanzung von Grünflächen.

#### Literatur

- Antić, M., Jović, N. (1965): Geneza i osobine zemljišta Beljskog lovno šumskog područja. "Jelen"-Bilten LŠPG, posebno izdanje, No. 3. Beograd.
- Jovanović, B., Vukićević, E., Radulović, S. (1978): Karta prvobitne i postojeće-aktuelne i karta potencijalne vegetacije Ade Ciganlije, Ade Medjice i dela Makiša (studija), Šumarski fakultet, Beograd.
- Jović, N. i Avdalović, V. (1978): Zemljišta Ade Ciganlije i Makiša (studija), Šumarski fakultet, Beograd.
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1973): Klasifikacija tala Jugoslavije. Zavod za pedologiju Poljoprivrednog fakulteta, Zagreb.
- Wilde, S.A. (1962): Forstliche Bodenkunde, Stuttgart.
- Živković, J. (1969): Hidrogeološke karakteristike Makiške izdani kod Beograda sa prikazom kartiranja izdanske vode pomoću reni burana. Vesnik zavoda za geološka i geofizička istraživanja. Knj. IX, serija B, Beograd.
- Živković, J. (1972): Hidrogeološke karakteristike terena Ade Ciganlije kod Beograd sa prikazom kartiranja izdanske vode. Zbornik radova 2. jugoslovenskog simpozijuma o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji. Beograd.
- Živković, J. (1976): Formiranje hidrogeoloških kolektora u donjem toku Save, kao "izvorišta" za vodosnabdevanje Beograda. Doktorska disertacija. Beograd.

#### Anthropogenic changes of soils and vegetation in the Sava-lowland near Beograd

Soil development and vegetation succession on the island Ada Ciganlija and in Makis (Beograd) were naturally determined by the flood regime.

In Ada Ciganlija there is a sequence of gleys, semigleys and paternias (or pararendzinas) with decreasing wetness and correspondingly of Salicetum triandrae Salicetum albae Populetum nigrae - Populetum albae Populetum albae Quercetum roboris Convallario-Quercetum roboris. In Makis towards the river terrace swampy, more or less clayey humic gleys with Aluetum glutinosae Salicetum albae Ulmeto-Fraxinetum occur and towards the river bed paternias (pararendzinas) to vegas (brown

alluvial soils) with *Salicetum albae* *Saliceto-Populetum* *Populetum albae-nigrae* *Ulmeto-Fraxinetum angustifoliae* *Populeto nigrae-Quercetum* and *Ass. Quercetum roboris*. Cutting of trees, damming and canalisation as well as building of the Renney well substantially changed flood regime and ground water level. Consequently soil development and vegetation succession are more submitted to the regional climatical conditions. Soil formation at first leads to eutrophic brown earths (Gajnjaca), which are lessivied (and pseudogleyed) later. The climax vegetation will be a *Quercetum farnetto cerris*.

These prognoses derived from the investigations allow a better selection of tree species for the parks planned.





Bodenkontamination durch Schwermetalle - eine ökologische Zeitbombe

Die Funktion von Böden als Senken von Schadstoffen ist

- umso weniger offenkundig, je effektiver sie Umwelteinflüsse auf Luft, Wasser und Organismen abpuffern, aber auch
- umso problematischer, je mehr sie solche Schadstoffe akkumulieren, weil sie dann
  - selbst nach Ausschalten der Kontaminatoren bei Senkung ihrer Pufferkapazität zu Quellen von Schadstoffen werden, und dies
  - umso mehr, je effektiver sie zunächst abpufferten.

So hat die schnell z.B. auf Straßenbäume wirkende Belastung mit den in kaum einem Boden akkumulierten (und leicht analysierbaren) Komponenten von Streusalzen bei Umweltschützern und Pflanzenökologen verständlicherweise eine große Publizität, ist aber wegen der auswaschungsbedingt geringen Nachwirkung gewißlich keine "ökologische Zeitbombe" (zu der sie in der Presse gemacht wird) und für die Bodenkunde (die Salzbodenprobleme schwierigerer Art zu lösen gelernt hat) keine wissenschaftliche Herausforderung. Beides gilt vielmehr für die Akkumulation einiger stark sorbierter Schwermetalle, weil deren Mobilisierung zum Überschreiten der Toxizitätsschwelle führen kann und weil nicht nur die chemische Analyse weit schwieriger ist, sondern auch die ökologische Bewertung der ermittelten Daten noch methodische Probleme beinhaltet.

Diagnose der Belastung

Wenn man unter "Belastung" nicht jegliche Erhöhung der Bodenvorräte (die bei manchen Böden im Falle einiger Spurenelemente ökologisch sogar günstig wäre), sondern nur eine solche versteht, die die Erfüllung wesentlicher Bodenfunktionen beeinträchtigt, kann man als Kriterium nicht die Gesamtgehalte, sondern nur die an "mobilen" Schwermetallen verwenden. Bei der (bes. unter Agrikulturchemikern noch) weitgehend üblichen Beurteilung der Belastung nach den Gesamtgehalten wird nämlich eine Mobilität unterstellt, die entweder total ist (was Aussagen über extrem lange Fristen entspricht, obwohl doch ein aktueller Zustand zu charakterisieren ist) oder für alle Verbindungen in allen Böden gleich

(was dem bodenkundlichen Erkenntnisstand schon vor 100 Jahren widersprochen hätte). Eine Bewertung von ermittelten Gesamtgehalten nach als mobilitätsbestimmend angenommenen Bodenmerkmalen (wie Humus- und Tongehalten, pH-Werten) wurde bei der Beurteilung der Bodenvorräte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen längst zugunsten derer fraktionierenden Extraktion aufgegeben und entspricht auch bei Schwermetallen nicht mehr dem Stande der Forschung, da es auch für sie geeignete Extraktionsmittel gibt.

Erforderlich sind also

Feldversuche auf einer das betreffende Standortsmuster repräsentierenden Anzahl von Böden zur Ermittlung der Gehalte an (auf verschiedene Weise) extrahierbaren Schwermetallen, bei deren Erreichen z.B. in Sickerwasser und/oder Pflanzen die von Toxikologen für Trinkwasser bzw. Nahrungsmittel als tolerierbar angegebenen Werte überschritten oder gar die Erträge gesenkt werden.

Prognose der Belastbarkeit

Selbst wenn man unter "Belastbarkeit" lediglich den Widerstand gegen das Erreichen solcher Grenzwerte versteht, ist als Kriterium nicht die Sorptions-, sondern eher die Fixierungskapazität zu verwenden. Bei der (bes. unter Bodenkundlern) üblichen Charakterisierung der Belastbarkeit mittels Sorptionskurven wird eine Mobilität von Null unterstellt (was Aussagen über extrem kurze Fristen entspricht, obwohl doch ein potentiell Verhalten zu charakterisieren ist) oder - bei Ermittlung der sogen. spezifischen Sorption - eine Mobilisierung nur durch Ionenaustausch (was den Erkenntnissen über Aufnahmemechanismen der Pflanzen widerspricht).

Aussichtsreich ist die Anwendung von Sorptions-/Desorptions-Kurven in Kombination mit Wasserhaushaltsmodellen für die Prognose einer Grundwasserkontamination, wenn die Pflanzenaufnahme gebührend berücksichtigt und alle Horizonte bzw. Schichten bis zum Grundwasser untersucht werden. Bisher wurde die Gültigkeit solcher Hypothesen (und das sind Modellrechnungen) bei stärker sorbierten Stoffen jedoch noch kaum durch Grundwasseranalysen bestätigt.

Erforderlich sind also

Langfrist-Feldversuche in einer dem Standorts- und Kontaminationsmuster entsprechenden Art und Zahl zur Verifizierung der auf Sorptions-/Desorptionskurven gegründeten Modellrechnungen im Hinblick auf das Erreichen der erwähnten "Belastungs-Grenzwerte".

Bezieht man in die "Belastbarkeit" die Möglichkeit ihres Überschreitens durch Mobilisierung ein, müssen die Feldversuche entsprechend angelegt sein. Hier sind Modellstudien nützlich, weil die mobilitätsbestimmenden Bedingungen in Modellversuchen stärker und/oder schneller zu variieren sind als in der Natur.

Betrachtet man die "Belastbarkeit" erst nach Einsetzen irreversibler Schädigungen als überschritten, wird ihre Charakterisierung nahezu unmöglich, weil man in der Definition die für eine Erholung gewährte Zeit unendlich ausdehnen kann.

Aufgaben für die Zukunft und Anwendung der Ergebnisse

Da bisher bei Untersuchungen über die Schwermetallbelastung Routineuntersuchungen nach einem auf Gesamtgehalte fixierten Schema gegenüber der Ermittlung derer Mobilität bei unterschiedlichen Bedingungen und bei solchen über Belastbarkeit mit Schwermetallen die Erzielung eines bodenchemischen Erkenntniszuwachses gegenüber der Charakterisierung konkreter Ökosysteme im Vordergrund standen, ergibt sich die Notwendigkeit einer "Kurskorrektur" unter Annäherung beider Arbeitsansätze.

Planungsrelevante Daten sind (standortsgebundene!) Grenzwerte zur Beurteilung

der Belastung, um die Nutzung beschränken (z.B. auf den Anbau von Nichtnahrungspflanzen mit infolge hohen Wasserverbrauches geringer Grundwasserspende, wie Wald), und

der Belastbarkeit, um eine unvermeidbare Kontamination lenken zu können (nämlich auf entsprechende Flächen).

Soil contamination by heavy metals - An ecological time bomb

The function of soils as sinks for dangerous substances is

- the less obvious the more effectively they buffer environmental impacts on air, water and organisms, but also
- the more problematic the more they accumulate such substances, since then
  - even after elimination of the contaminants - they themselves become sources of dangerous substances once their buffer capacity has been decreased, and this
  - the more intense the more effectively they buffered before.

Therefore, the contamination with rapidly acting salts (e.g. on alley trees), which are scarcely accumulated in any soil and easy to analyze, understandably has a great publicity among environmentologists and plant ecologists. But due to leaching it is not protracted, thus is certainly neither an "ecological time bomb" (as can be read in the gazettes) nor a scientific challenge for soil science (which learned to master more serious salinity problems). Both designations apply more to the accumulation of some strongly sorbed heavy metals, since their mobilization may cause overstepping of toxicity limits and since not only the chemical analysis is more difficult but also the ecological evaluation of their results still contains methodological problems.

Diagnosis of contamination

If by "contamination" not just any increase of the soil reserves is meant (which for many soils in the case of some trace elements could be an ecological advantage) but only an increase which injures the accomplishment of essential soil functions, only the "mobile" fractions of heavy metals and not their total contents are a suitable criterion. The (especially among agricultural chemists still) usual judgement of a contamination based on total contents implies a mobility which is either total (which corresponds to forecasts over an extremely long time though an actual condition is to be characterized) or equal for all compounds in all soils (which would have contradicted the state of know-

ledge in soil science already hundred years ago). A grading of analyzed total contents according to soil features assumed to determine the mobility (e.g. contents of humus or clay, pH) was abandoned long ago in the valuation of soil reserves in plant available nutrients in favour of their fractionating extraction. Nor would such a procedure correspond with the state of research in the case of heavy metals, since suitable extractants are available.

Thus required are

Field experiments on a number of soils representing the relevant site pattern to determine the contents of heavy metals extractable in different ways, which correspond with the exceeding of contents in seepage water and/or plants, assumed by toxicologists as tolerable for drinking water or food, respectively, or even with a decrease of yields.

Prognosis of resistance to contamination

Even if by "resistance to contamination" merely the buffering against reaching such threshold values is meant, its criterion should be the fixing rather than the sorption capacity. The (especially among soil scientists) usual characterization of the resistance to contamination by sorption curves implies a mobility of zero (which corresponds to forecasts over an extremely short time though a potential behaviour is to be characterized) or - if the "specific sorption" is determined - a mobilization by ion exchange only (which contradicts the present knowledge about the mechanisms of plant uptake).

The use of sorption/desorption curves together with water regime models is promising for a prognosis of a ground water contamination, provided the plant uptake is duly considered and all horizons or strata down to the ground water are investigated. However, the validity of such hypotheses (and that is what all model calculations are) for strongly sorbed substances was hitherto scarcely checked by ground water analyses.

Thus required are

Long-term field experiments in a number corresponding to the relevant site and contamination pattern, to verify the sorption/desorption-curve-based model calculations in relation to the buffering against reaching the threshold values mentioned earlier.

If "resistance to contamination" includes the possibility of a decrease by mobilization, the field experiments have to be designed accordingly. Here model experiments are useful since the conditions determining the mobility can be varied much more and/or faster in model experiments than in nature.

If the "resistance to contamination" is considered to be destroyed only after irreversible injuries, their characterization is nearly impossible since in the definition the time needed for a recovery can be extended infinitely.

Tasks for the future and application of results

Hitherto, in studies on the contamination by heavy metals, routine analyses and interpretation according to a scheme based on total contents prevailed over the investigation of their mobility under different conditions, and in studies on the resistance to contamination by heavy metals the gain of knowledge in soil chemistry was obviously more their goal than the characterization of concrete ecosystems. Therefore, a correction of this course is necessary and a combination of both approaches.

Data relevant for planning are (site-dependent!) threshold values for the judgement of the

- contamination, allowing to restrict the land use (e.g. <sup>only</sup>to/the cultivation of non-food plants with a high water consumption and a correspondingly low ground water recharge, like forests), and of the
- resistance to contamination, allowing to direct an unavoidable contamination onto suitable soils.

FOLGEN DER VERSALZUNG VON BÖDEN IN SZCZECIN

von

Z. CHUDECKI und T. WOJCIESZCZUK<sup>+</sup>)

Die Verwendung von Streusalz (NaCl) als Schneeaufbaumittel im Winter führt, wie zahlreiche Untersuchungen darlegen, zu Veränderungen im Nährstoffkreislauf in Boden und Pflanze. Zur Aufklärung der Auswirkungen der Streusalzanwendung auf das Pflanzenwachstum wurden daher in den Jahren 1968-72 ausgewählte Bäume - Linde, Ahorn - auf unterschiedlich stark mit Salz angereicherten Böden in Szczecin sowie in dem in 50 km Entfernung liegenden Dorf Piaseczno als Vergleichsstandort untersucht. Hierzu wurden mehrmals jährlich Bodenproben aus verschiedenen Tiefen sowie Blattproben der Bäume genommen und an diesen die Gehalte von CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Cl, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und MgO ermittelt. Zur Beschreibung der Intensität anthropogener Bodenveränderungen wurden an den Bodenproben außerdem einige physikalische und chemische Kenngrößen ermittelt. Die Versuchsergebnisse zeigen nach Streusalzausbringung (Winter) im zeitigen Frühjahr (März-Mai) erhöhte Gehalte an Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup> in den Blättern, wodurch die Aufnahme von Haupt- und Spurenelementen behindert wird. Die Gehalte an Ca<sup>++</sup> und Mg<sup>++</sup> in den Blättern werden dabei zwar deutlich herabgesetzt, liegen aber noch über am Versuchsstandort gemessenen Werten. Die visuell sichtbaren Krankheitssymptome werden auf einen Ionenantagonismus Ca - Mn, Fe, Zn, Mg, B und K zurückgeführt, wodurch diese Elementgehalte in den Blättern deutlich verringert werden.

Consequences of salting of soils in Szczecin

Investigations up to now, specially during 1968-1972, have shown the close connected importance of the immense salt accumulation, above all Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>, in soils and plants. This paper deals with the salting of soils in Szczecin and the complications of the nutrient/element cycle between soils and plants. It should be emphasized, that the main factor for salting of soils in the strewing of salts containing chlorides on streets covered with snow during winter.

---

<sup>+</sup>) Institut für Bodenkunde und Wasserwirtschaft der landwirtschaftlichen Akademie in Szczecin.

Within the frame of the above research study, selected trees - linden, maple - and soils of Szczecin and of 50 km away situated village Piaseczno, with various amounts of salts -  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  - were examined.

Average soil samples of indicated points were taken from surface as well as from different depths.

The chemical analysis of soil and plant samples from Szczecin and from 50 km away situated village Piaseczno shows the originating changes of comparable soils and plants, which were influenced by the usage of chlorides in winter.

The following elements were determined in soils and plant materials - linden and maple leaves -:  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{Mg}$ . Furthermore, we determined other important properties of soils like pH, mechanical consistency and physical properties as indispensable for the determination of their typological relations and their turn in soil anthropogenesis.

As a result of continuous usage of easily soluble salts - chlorides -, by the removal of snow from streets, a circulation of several disturbances of chemical elements in soils and plants can be seen. The immense accumulation of  $\text{Cl}^-$  and  $\text{Na}^+$  in leaves, specially in March, April and May, blocks up the uptake of other important macro and micro nutrients. The leaves contain a very little amount of  $\text{Mg}^{++}$  and  $\text{Ca}^{++}$  but an immense amount of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^+$ . It has been pointed out, that linden and maple leaves from saline soils are rich in  $\text{Ca}^{++}$ , with comparison to the leaves from village Piaseczno, where the soil surface was not salted.

The negative effect of high amounts of calcium in plants reflect an antagonistic relationship on  $\text{Mn}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{K}$  and  $\text{B}$  ions.

Finally, it should be reported, that our numerous experimental results were enriched through the photographs of apparent diseases of plants in Szczecin.



IONENKONZENTRATION UND DYNAMIK IM BODEN DES  
WURZELBEREICHES VON STADTSTRASSENÄUMEN

von  
H. MEYER-SPASCHE<sup>+</sup>)

Die starke Anwendung von Auftausalzen führt bei den dadurch belasteten Straßenbäumen zu ernststen Schäden: beginnend mit Blattrandnekrosen und vermindertem Wachstum sterben die Bäume langsam ab. Bodenuntersuchungen in 26 Straßen des gesamten Hamburger Stadtgebietes ließen folgende Gründe für das rapide Ansteigen des Schadensausmaßes erkennen: Natrium und Chlorid werden nicht durch die Niederschläge einer Jahresperiode aus dem Baumwurzelbereich ausgewaschen, sondern reichern sich gegenüber unbelasteten Standorten um ca. das 10-fache an. Die Natriumsättigung beträgt im Mittel 15 % dagegen zeigt die Kaliumsättigung mit ca. 3 % eine Mangelsituation an. Im Gegensatz zu dem stets in Straßenrandböden dominierenden Calcium konnte keine Beziehung des pH-Wertes zu den  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ - und  $\text{Mg}^{2+}$ -Gehalten festgestellt werden. Wird der Einfluß der Austauschkapazität rechnerisch durch partielle Korrelation konstant gehalten, ergibt sich eine negative Beziehung der Na- und Cl-Konzentration zum Humusgehalt, aber eine positive zum Tongehalt. Dies wird durch die unterschiedliche Perkulationsfähigkeit erklärt.

Bei Meliorationsmaßnahmen mit einer ionenaustauschenden Lösung wurde im Boden des Baumwurzelbereichs gelegentlich ein "arider Effekt" beobachtet. Der Kapillarhub überwog in diesen Fällen die Perkulation.

Ion concentration and dynamic in the soil  
of the root zone of city road trees

The large application of de-icing salt leads to serious damages in road trees. Beginning with leaf marginal necroses and reduced growth the trees slowly die. Soil research in 26 streets in the Hamburg area showed the reason for the increase of the damage extent. Sodium and chloride are not

<sup>+</sup>) Ordinariat für Bodenkunde, Universität Hamburg, Von-Melle-Park 10,  
2000 Hamburg 13

washed out through the rain water within the period of a year. The accumulation is about 10 times in comparison to not contaminated park locations. The ESP mean is 15; on the other hand the Exchangeable-Potassium-Percentage with 3 indicates a relative deficiency. In contrast to the always dominating Calcium-ions in roadside soils there was no significant relation found between the pH-value and the  $\text{Na}^+$ -,  $\text{K}^+$ - and  $\text{Mg}^{2+}$ -concentrations.

If the influence of the CEC is held constant by the "Partial Correlation" computing method, there is a negative correlation between the Na- and Cl-concentration and the humus content, but a positive to the clay content. This is explained by the variations in percolation ability.

While performing melioration with an anionic exchange solution an arid effect was observed in the soil of the rooting area: the rise of the salts caused by capillary forces was greater than the percolation.

THE INFLUENCE OF HUMAN ACTIVITY ON SOILS OF THE GREEN BELT  
OF THE WARSAW AGGLOMERATION

von

B. DOBRZANSKI<sup>+</sup>)

The paper deals with the results of studies on the accumulation of heavy metals in soils, plants and some animals living in the green belt of the Warsaw Agglomeration, as well as on the dynamics of soluble salts in soils along the main arterial roads resulting from chemical treatments against glazed frosts and snow covering streets and pavements, which were conducted during the years 1968-1978.

The soils of the municipal parks were formed on pleistocene sand and loam, those of the green belt more often from rubble mixed with eroded moraine loam or fluvioglacial silts. Due to ravages of the war and intensive rebuilding of the completely destroyed city, soils of natural genesis rarely occur in the study area. Depending on the intensity of human activity most of them are regosols and anthropogenic brown soils.

At more than 90 sites of this area soil samples were collected and analyzed for the total and soluble amounts of accumulated heavy metals by soils, as well as for the degree of salinity.

The responses of plants (especially trees) to the different chemical conditions were also observed.

As can be derived from figure 1, particularly the concentrations of lead, copper and molybdenum were significantly increased in the upper layers of the soils along the main roads with heavy traffic. It must be stressed that the concentrations of zinc were near the limit toxic for organisms in almost 50 % of the samples. The increased concentrations were restricted to the topsoils (Table 1).

The accumulation of heavy metals in the soils caused an increase of their contents in plants of the green belt, especially of Zn, Fe and Cu in mosses. The analyses of tissues and coprolites of earthworms revealed

---

<sup>+</sup>) Prof. Dr. Bohan Dobrzański, Instytut Agrofizyki, Polskiej Akademii Nauk, 20-076 Lublin, ul. Krakowskie Przedm. 39

that they concentrate mainly Zn (sometimes Cd) in relation to the contents of soils (table 2). This means that they can be used as a test to determine the pollution of soils by heavy metals. - Studies in the Institute of Soil Science of the Warsaw Agricultural University showed that heavy metals are more concentrated in the livers of field mice (*Apodemus Agrarius*) living in the forest area close to the municipal agglomeration than in such from distant areas.

The concentrations of soluble salts (especially sodium and calcium chlorides) in soils along the roads were with 94 to 608 mg/kg soil about ten times higher than at control sites. The salts consisted mainly of NaCl (up to 420 kg/ha) of which the highest concentrations were found in 80-100 cm depth during dry periods in summer. Figure 2 illustrates the changes of soluble salt concentrations in relation to soil moisture at sites differing in the intensity of application of chemical means to remove glazed frost from roads and pavements.

Such high levels of soluble salts are harmful for plants sensitive to soil salinity, especially for the growth of tree roots. The increase of the soil solution concentration in summer caused in some places a premature falling of leaves, withering of branches or even of whole trees.

These results point to the necessity of a continuous control of human activities in relation to the contamination of the green belt soils with heavy metals and sodium chloride.

Our research caused a reduced use of chemicals by municipal cleaning companies in Warsaw and other cities. It was also considered as the basis for a proper design of new roads taking into account the protection of the municipal green belts.

Table 1 - Heavy metal contents (ppm) in soil profiles (Dobrzański et al., 1977)

Profile	Depth (cm)	Mn	Zn	Cu	Pb
1	0-30	250	200	55	92
	60-90	140	14	8	19
	100-130	152	13	6	31
	150-170	54	3	1	8
2	0-30	187	79	18	57
	30-50	162	94	15	40
	65-90	148	26	7	22
	115-130	158	23	6	30
5	0-27	168	145	20	98
	85-110	137	14	14	19
	120-130	63	9	2	14

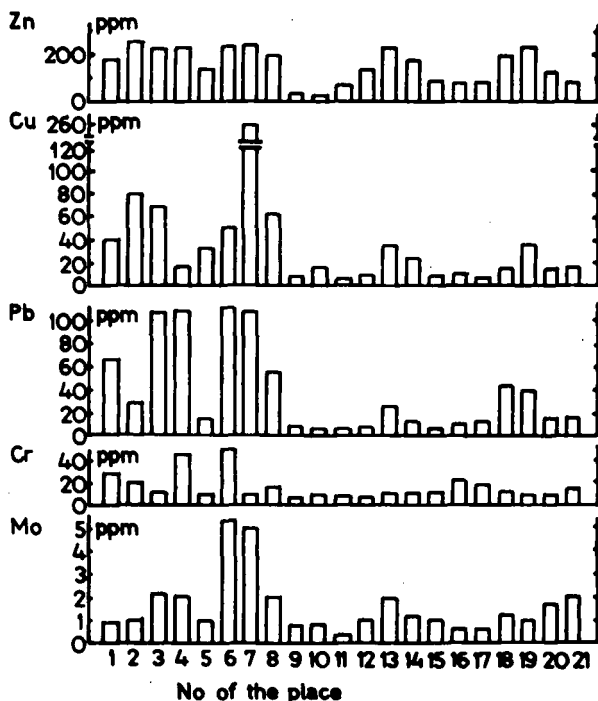
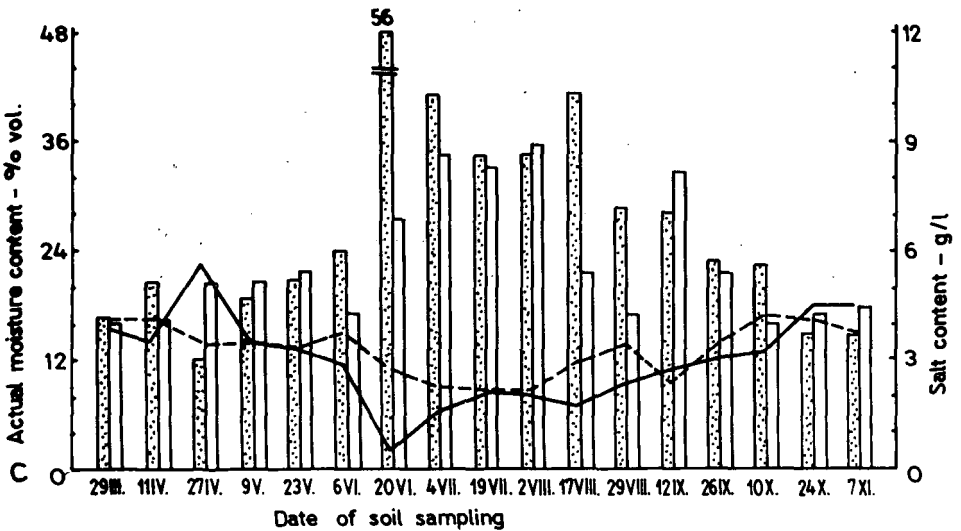
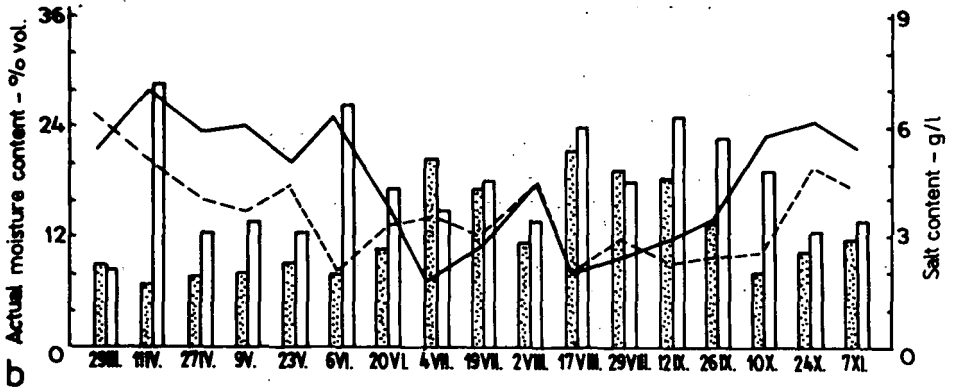
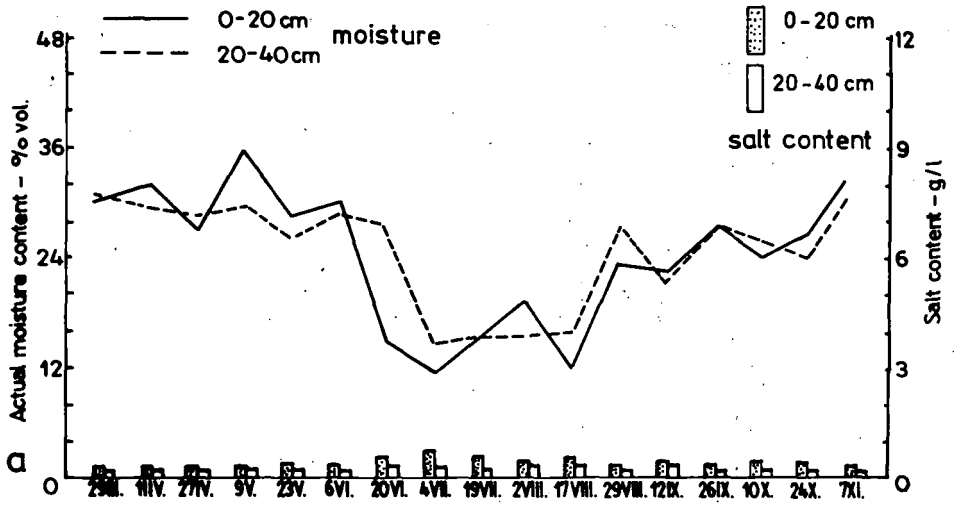


Figure 1 Heavy metal contents (ppm) in topsoils 0-20 cm of the Warsaw Agglomeration (1-8: near roads with heavy traffic, 9-15: within living quarters, 16-21: from parks)

Table 2 - Heavy metal contents (ppm) in a) topsoils and b) earthworms (Czarnowska and Japkiewicz, 1978)

Place	Zn		Cu		Pb		Cd	
	a)	b)	a)	b)	a)	b)	a)	b)
Oldest quarter								
near street	275	354	52	58	170	185	1.10	1.00
200 m from "	103	132	27	27	64	45	0.30	0.48
Center								
near street	170	300	55	32	130	118	0.92	0.90
200 m from "	57	88	15	12	30	21	0.28	0.28
Far from the city	40	66	9	9	20	22	0.11	0.28



Einfluß des Bevölkerungsdruckes auf Grünanlagen  
des Warschauer Ballungsgebietes

Die vorgelegten Untersuchungen zeigen den Einfluß des Bevölkerungsdruckes (der "Anthropopression") auf die Schwermetallakkumulation und die Steigerung der NaCl-Gehalte in Böden des Warschauer Ballungsgebietes.

In den Jahren 1968-1978 wurden in Schwarzerden und Braunerden unter Grünanlagen in der Nähe unterschiedlich belasteter Straßen und Plätze die Schwermetallgehalte und die Salinität ermittelt.

Daraus ergibt sich eine starke Steigerung der Gesamtgehalte an Pb, Cu, Zn und Cd in den Oberböden besonders in der Nähe stark befahrener Straßen. Die nachzuweisende Erhöhung der NaCl-Gehalte in den Böden ist zweifellos auf die Verwendung von Streusalz zum Auftauen von Glatteis und Schnee auf den Straßen und Wegen zurückzuführen.

Hohe Schwermetallgehalte in den Böden führten zur Anreicherung in Pflanzen (bes. in Moosen) sowie in den Regenwürmern. Die Salzgehalte erhöhten die Konzentration der Bodenlösung im Sommer so stark, daß vorzeitiger Laubfall und sogar Vertrocknen von Zweigen oder ganzer Bäume eintraten.

Diese Untersuchungen erweisen die Notwendigkeit einer systematischen Kontrolle der Schwermetall- und Salz-Kontamination der Böden des Warschauer Ballungsgebietes. Unsere Ergebnisse führten bereits zur Einschränkung der Streusalzanwendung und bilden eine Grundlage der richtigen Projektierung von neuen Verkehrsadern.





HEAVY METAL CONTENTS IN DUST FALL AND SOIL OF THE  
NATIONAL PARK FOR NATURE STUDY IN TOKYO

by

Kan-ichi SAKAGAMI, Ryunosuke HAMADA und Takashi KUROBE<sup>+</sup>)

In Japan, 80 % of the population live in urban areas. Among them 10,000,000 live in Tokyo, and they are carrying out industrial and social activities. Such an excess concentration causes urban problems, and one of them is public nuisance. Human activities pollute urban environment and in a long range, these are reflected in the nature of urban soils. This research is to elucidate the urban soil pollution with heavy metals and to clarify their sources and processes of accumulation.

Sources of heavy metals in urban areas are the fix ones such as factories and the moving ones such as automobiles. Combustion processes produce dust that pollutes the atmosphere and finally the soils. By shifting from coal to oil and by installation of dust removing devices, the effect of fix sources has been decreased, but not the pollution caused by moving sources. It is typical for this metal pollution that whole areas are polluted.

The Public Nuisance Department of Tokyo Metropolitan Government surveyed the whole area of Tokyo from 1975 to 1978 and determined the heavy metal contents of surface soils at crossing 5 km mesh (54 points). Figure 1 shows that the heavy metal contents in soils of Tokyo are much higher than the natural heavy metal contents in Japan (Iimura, 1979). Thus the soils of the whole area of Tokyo Metropolis received heavy metal pollution to a large extent, possibly from automobile traffic. The authors intended to survey the influence of this source on soils near highways and of a small forest in Tokyo as an example and to examine the results from an ecological viewpoint.

STUDY AREA AND METHODS

The study area (Fig. 2) is the National Park for Nature Study which covers 20 ha in the central part of Tokyo Metropolis and is surrounded by a re-

---

<sup>+</sup>) Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, 183 Tokyo, Japan

sidential and commercial area. At the fringe there are two 4 lane roads with rather heavy traffic. The soils are formed from volcanic ash and are rich in carbon. The surveyed points had different forest types (either of the ages are more than 100 years with a high vegetation density) and different distances from the Express Way or the Street. In the surface soils sampled in 1976 at the seven points marked in Figure 2 Cu, Zn, Pb, Cd contents were determined with atomic absorption. For each of the points, throughfall and dust were collected and heavy metals were determined.

**RESULTS AND DISCUSSIONS**

Table 1 shows that Zn and Pb contents in soils were highest at the points closest to the roads, but that at point G the contents for Zn, Pb and Cd were lower than at point S that is located farther away from the road. Thus the heavy metal contents are not necessarily directly related to the distance from the road.

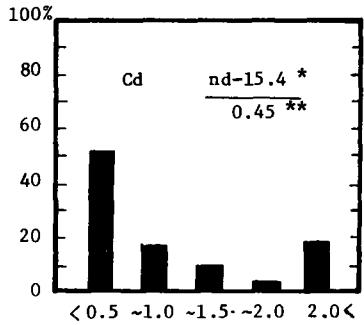
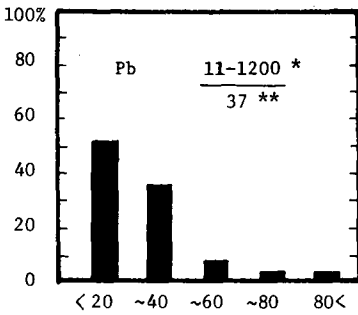
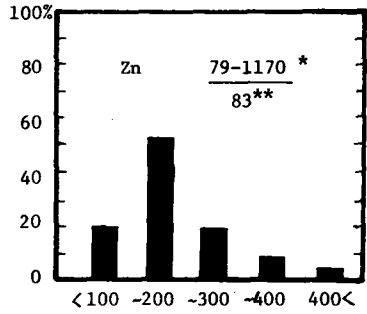
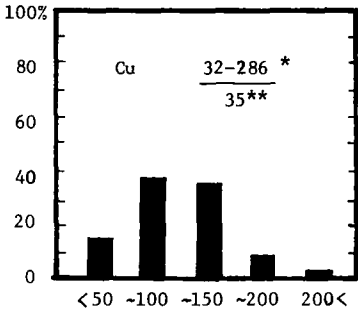
**Table 1: HEAVY METAL CONTENTS IN SURFACE SOILS IN THE NATIONAL PARK FOR NATURE STUDY**

Location	pH	Carbon (%)	Cu	Zn	Pb	Cd	Distance from road (m)
			(ppm)				
BEW I	6.55	14.50	146	1110	662	1.71	10
BEW II	5.96	16.02	141	531	191	0.92	15
P	4.70	10.14	190	252	137	0.80	65
G	6.00	3.99	172	207	83	0.09	95
Q	4.90	10.44	186	287	159	0.78	105
S	4.79	17.07	209	369	149	1.73	165
C	4.72	12.39	189	203	167	1.25	190

According to Table 2 every forest type trapped different amounts of dust. It is to be noticed that the values for point S were the highest in all years, for point G, however, they were only about half of the others. Higher values were observed for point BEW I than for points Q and C.

Honda (1974) stated that the density of leaves of trees strongly influenced the rate of dust trapped. Shii is an evergreen broad leaf tree and here has an age of 450 years and a large tree body. This could be a reason for the large amount of dust trapped, whereas at point G without a tree cover, the rate of dust trapped was very low. At point BEW I, where vegetation cover is not so extensive, the rate of dust trapped was not considered to be so high.

From 1970 to 1979 at every point the dust fall decreased. This is due to a decrease in automobile traffic (in Meguro Street and Express Way it de-



Heavy metal contents in soils ( ppm )

Figure 1  
DISTRIBUTION OF HEAVY METAL CONTENTS IN SURFACE SOILS OF TOKYO METROPOLIS

\* Range of heavy metal contents in soils of Tokyo (54 points)  
\*\* Natural heavy metal contents in surface soils of Japan (by Iimura)

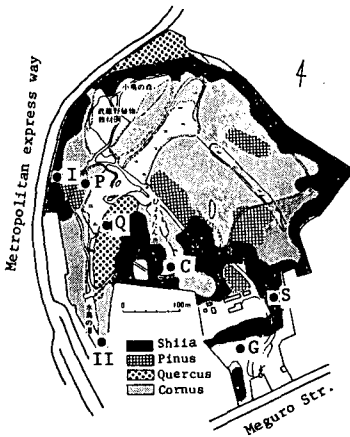


Figure 2  
LOCATIONS IN THE NATIONAL PARK FOR NATURE STUDY AND THE SURROUNDING ROADS

C: Cornus, G: Grass, P: Pinus,  
Q: Quercus, I & II: Besides  
Express Way I & II, S: Shiia

creased to 80 %). This trend is a common phenomenon in all the Metropolitan area (Fig. 3).

Table 2: AMOUNT OF DUST FALL TRAPPED

Location	1969	1970	1979
	(mg/cm <sup>2</sup> /month)		
BEW I	2.36	1.31	-
P	-	-	1.52
G	0.51	0.63	0.34
Q	1.30	1.35	1.39
S	3.18	2.63	1.60
C	1.40	1.50	1.10

Figure 4 shows the heavy metal contents in the dust fall in 1970. There was a very close negative relation between the distance from the road and the heavy metal contents, except for point C (except Zn), possibly because this site is slightly higher in the relief.

Figure 5 shows that the trend in the data obtained in 1979, due to lacking data at point BEW I, is not so clear. But there is a general agreement with the data of 1970, except for Cd. The fact that such metals as Cu, Zn, Pb, Cd, which are used for parts of automobiles or as additives for fuel were abundant in the dust is a basis for relating the pollution with the automobile traffic.

Zn, Pb, Cd contents in dust in 1979 decreased between 1970 and 1979 to a half, not only due to the decrease in automobile traffic as was mentioned before, but also to the reduction of Pb in the regular gasoline, the consumption of which is 80 % of the total gasoline.

From the amounts of trapped dust and heavy metal contents of the dust, the amount of heavy metals added to the soils was calculated (Fig. 6). When comparing the averages of 1969 and 1970 with the values of 1979, it can be seen that in 1969 and 1970 the amounts of Cu, Zn, Pb, Cd were high at points S and BEW I. This is because of the efficiency in trapping the dust at S and of the high heavy metal contents at BEW I. At point G, on the contrary, the least amount seems to be due to the very low trapping capacity. Except for Cu, the amounts of heavy metals decreased from 1970 to 1979 as a result of the decrease in the amount of dust and in its heavy metal contents.

Finally, the heavy metals added to the soils in 1970 and heavy metal contents in soils sampled in 1976 were compared in Figure 7. Except for point

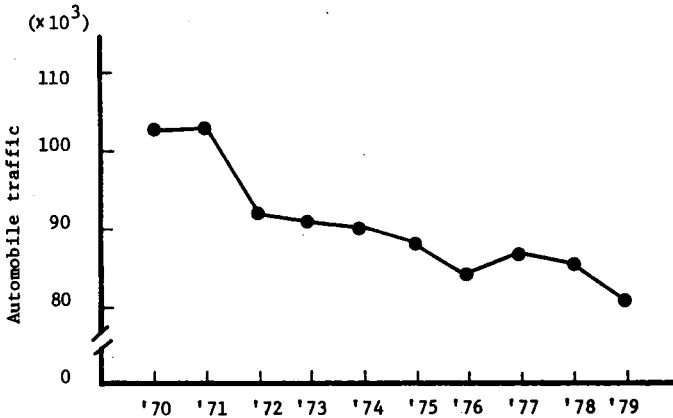


Figure 3  
 AUTOMOBILE TRAFFIC IN CENTRAL PART OF TOKYO METROPOLIS  
 (at the crossroad with heavy traffic)

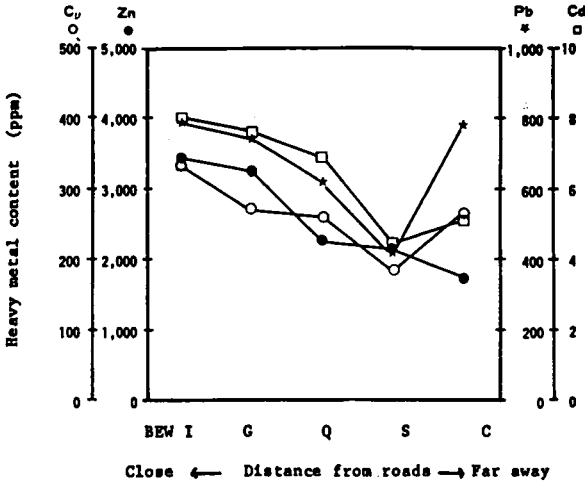


Figure 4  
 RELATION BETWEEN HEAVY METAL CONTENTS OF DUST FALL TRAPPED IN  
 1970 AND DISTANCE FROM THE ROADS

BEW I (except for Cd), there was a fairly clear tendency that the contents of heavy metals in soils increased with the amounts of those elements added.

BEW I is under Shiiia of about 20 years and with a small tree crown. Eventually the rate of directly fallen dust is higher than at the other points.

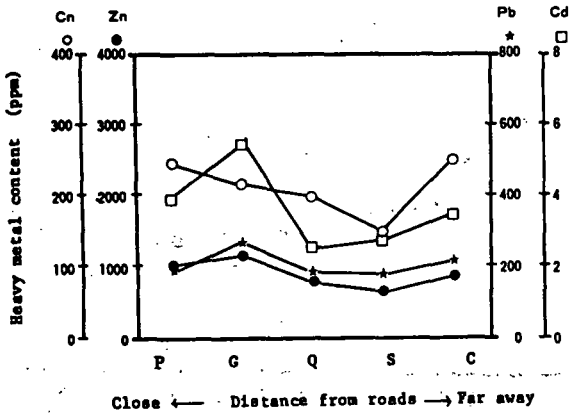


Figure 5  
RELATION BETWEEN HEAVY METAL CONTENTS OF DUST FALL TRAPPED IN 1979 AND DISTANCE FROM THE ROADS

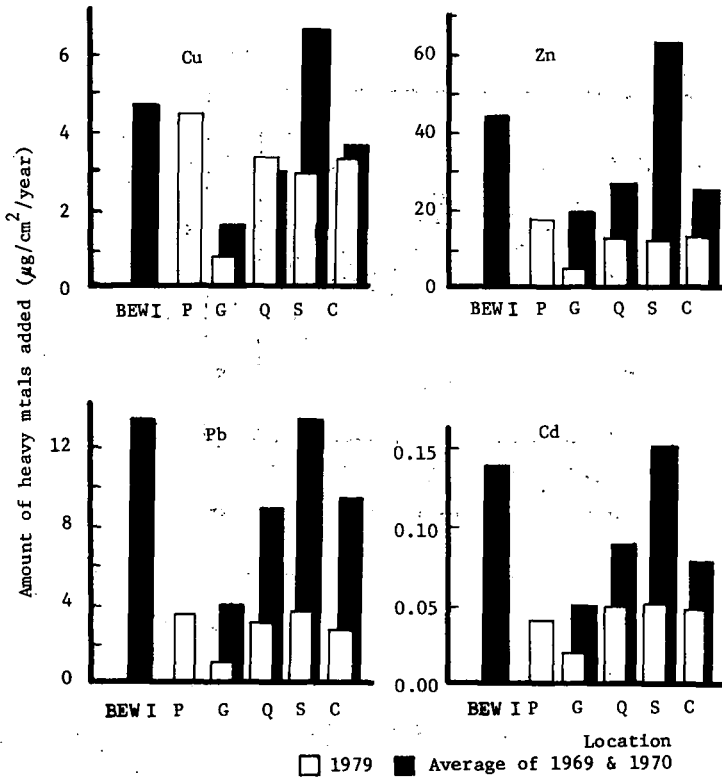


Figure 6  
AMOUNT OF HEAVY METALS ADDED WITH DUST FALL IN 1979 AND TEN YEARS AGO

As a result, the calculated values on Zn and Pb did not coincide with the values actually present in the soil that is extremely higher values of heavy metal contents in the soil of that point.

As such, when one considers the intermediate process of trapping by tree crowns, the relation between dust fall and heavy metal contents in soils was well explained. This also means that the automobile traffic is the main source of heavy metals added to soils. Not only the National Park for Nature Study soils in central part of Tokyo Metropolis were polluted by heavy metals to a considerable extent. The recent trends seem to show a decrease. However, a part of the automobile producer and consumer started to think of the use of diesel automobile which is less expensive for maintenance and under less legislative restriction. One has to pay more attention for continued survey for the trends in the heavy metal pollution in future.

#### ABSTRACT

The heavy metal content of soils and dust falls in the National Park for Nature Study in Tokyo was determined, with reference to automobile traffic on nearby roads. Surface horizons of soil taken from 7 points contained 141-209 ppm Cu, 203-1,110 ppm Zn, 83-662 ppm Pb, 0.09-1.73 ppm Cd. The amount of dust falls for 7 points ranged over 0.34-3.18 mg/cm<sup>2</sup>/month depending on the type of forest cover. Larger amounts were observed with a higher tree crown density. Dust falls contained 148-332 ppm Cu, 631-3,690 ppm Zn, 180-795 ppm Pb, 2.55-7.93 ppm Cd. Higher values were observed at points closer to the roads. Heavy metal content of dust falls in 1979 showed a decrease compared with the value of ten years previously. A close relation was observed between the amounts of heavy metals in soil and those in dust falls. Based on the above-mentioned facts, the heavy metals contained in the soils of the urban forest studied were considered to be derived from dust fall caused mainly by automobile traffic.

#### REFERENCES

- Honda, H. (1974) : Fundamental study on the planting and space effects in the public nuisance prevention in the city. III. Dust catching ability of plant foliage. The Technical Bulletin of Faculty of Horticulture, Chiba University, 22, 81-88 (in Japanese)
- Iimura, K. (1979): Movement of heavy metals in soils - Viewpoint of mainly soil chemistry - In: Mechanism and analysis of soil pollution (Shibuya, M. ed.) p.162, Sangyotosho, Tokyo (in Japanese)
- Public Nuisance Department of Tokyo Metropolitan Government (1975, 1977, 1978): Reports on the soil pollution in control sites I, II, III (in Japanese)

Schwermetallgehalte der Staubbiederschläge und Böden  
des Nationalparks in Tokio

Um den Einfluß des Autoverkehrs der Nebenstraßen zu ergründen, wurden die Schwermetallgehalte der Böden und der Staubbiederschläge des Nationalparks für Naturstudien - National Science Museum - in Tokio untersucht.

Die A-Horizonte von sieben Böden enthielten 141-209 ppm Cu, 203-1110 ppm Zn, 83-662 ppm Pb und 0,09-1,73 ppm Cd. In Abhängigkeit vom Typ des Baumbestandes lag die anfallende Staubmenge zwischen 0,34 und 1,8 mg/cm<sup>2</sup> und Monat. Mit höherer Dichte der Baumkronen wurden höhere Gehalte beobachtet. Der Staubfall enthielt 148-332 ppm Cu, 631-3690 ppm Zn, 180-795 ppm Pb und 2,55-7,93 ppm Cd.

Hohe Werte wurden an Stellen neben den Straßen beobachtet. Der Schwermetallgehalt der Staubproben von 1979 nahm, im Vergleich zu den Gehalten vor 10 Jahren, ab. Ein Zusammenhang wurde beobachtet zwischen Schwermetallgehalten des Bodens und des Staubes.

Aufgrund der obigen Faktoren wurden die ermittelten Schwermetallgehalte der Böden des Nationalparks durch Staubbiederschlag verursacht, und zwar hauptsächlich durch Autoverkehr.

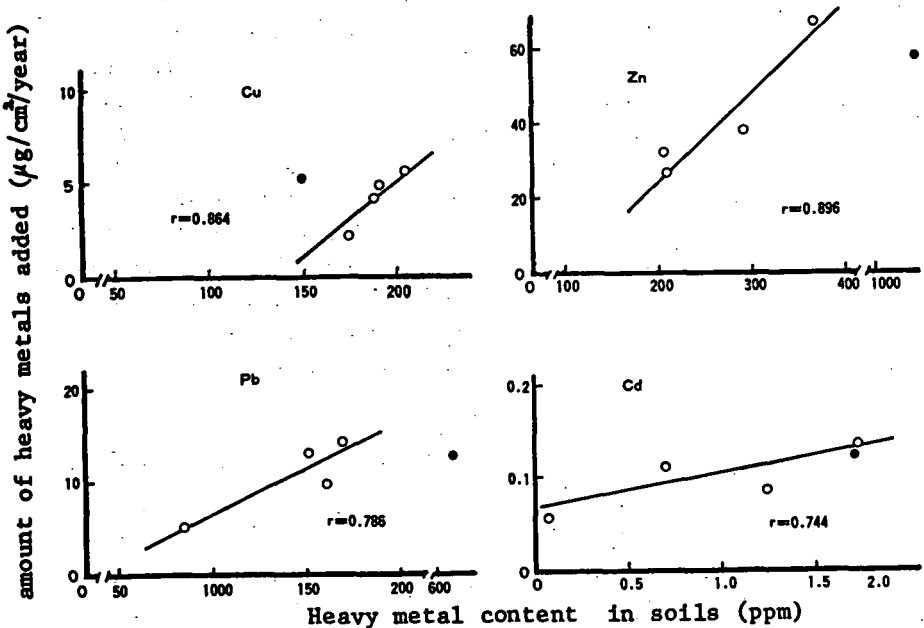


Figure 7  
RELATION BETWEEN AMOUNT OF HEAVY METALS ADDED WITH DUST FALL  
AND HEAVY METAL CONTENT IN SOILS (• = BEW I)



SCHWERMETALLE IN STRASSENNAHEN BÖDEN DER STADT KIEL

von  
LICHTFUSS, R. und NEUMANN, U.<sup>+</sup>)

Um den Einfluß des Kraftfahrzeugverkehrs eines dicht besiedelten Gebietes auf den Schwermetallgehalt von Böden zu erfassen, wurden in der schleswig-holsteinischen Landeshauptstadt Kiel (ca. 270.000 Einwohner) 61 Proben aus Ah-Horizonten (0-10 cm) von Böden in unmittelbarer Nähe unterschiedlich stark befahrener Straßen entnommen und auf ihre Gehalte an verschiedenen Schwermetallen untersucht. An ausgewählten Standorten wurden die Elementgehalte auch in tieferen Bodenhorizonten bestimmt. Die Schwermetallbestimmung erfolgte röntgenfluoreszenzanalytisch (LICHTFUSS und BRÜMMER, 1978).

In Abb. 1 sind exemplarisch die Häufigkeitsverteilungen, Mittelwerte, Minima und Maxima der Gehalte an Blei, Zink, Kupfer, Nickel und Mangan in den Ah-Horizonten dargestellt im Vergleich zu häufig auftretenden Gehalten der einzelnen Schwermetalle in nicht nachweisbar belasteten Böden aus quartären glazialen Sedimenten des ostholsteinischen Hügellandes. Die natürlichen Schwermetallgehalte variieren je nach Ausgangssubstrat, Humusgehalt und anderen Bodeneigenschaften unterschiedlich stark, so daß in Abb. 1 lediglich Bereiche natürlicher Schwermetallgehalte für Böden aus Geschiebelehmen und -sandem angegeben sind (vgl. auch BLUME, 1981, BRÜMMER, 1978, KLOKE, 1978, SCHLICHTING, 1965).

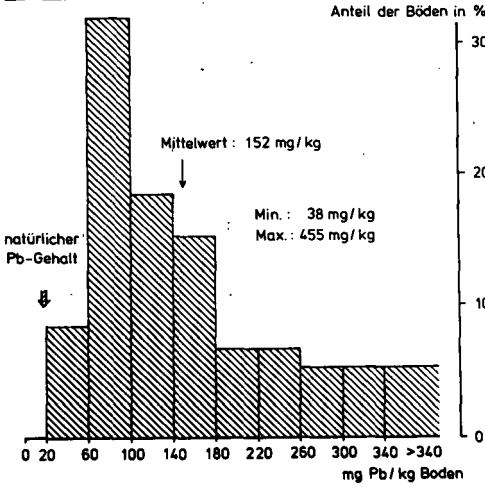
Die Häufigkeitsverteilungen der Schwermetallgehalte (Abb. 1) zeigen, daß die Blei-Gehalte aller untersuchten Ah-Horizonte den natürlichen Pb-Gehalt von Böden aus Geschiebelehmen von ca. 20 mg/kg überschreiten. In mehr als 30 % der Fälle liegen die Pb-Gehalte zwischen 60 und 100 mg/kg. Der Höchstgehalt von 455 mg Pb/kg Boden entspricht einer Anreicherung von mehr als dem 20-fachen des natürlichen Gehaltes.

In mehr als 95 % der untersuchten Böden ist ebenfalls eine deutliche Zinkakkumulation festzustellen. Die meisten Werte (65 %) liegen zwischen 100 und 180 mg/kg. Die Höchstgehalte erreichen 220-260 mg Zn/kg Boden, während

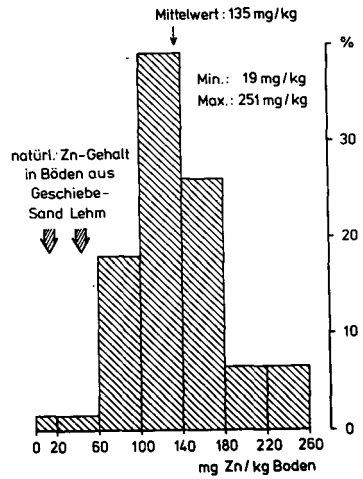
---

<sup>+</sup>) Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Olshausenstraße 40-60, 2300 Kiel

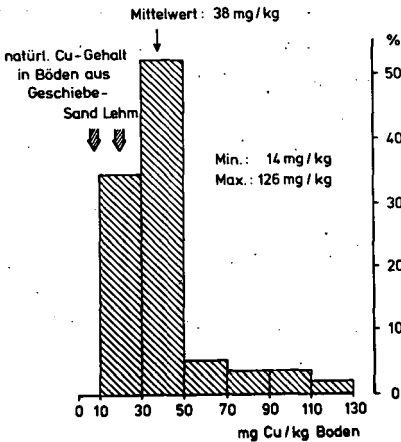
# BLEI



# ZINK



# KUPFER



# NICKEL

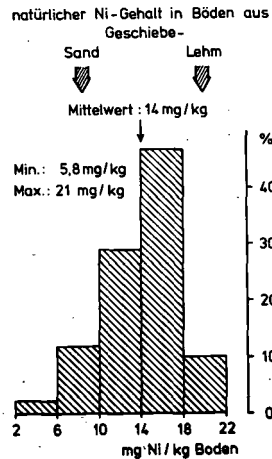


Abb. 1a: Häufigkeitsverteilungen, Mittelwerte, Minima und Maxima der Gehalte an Blei, Zink, Kupfer, Nickel und Mangan (Abb. 1b) in den Ah-Horizonten (0 - 10 cm) von 61 Straßenrand-Böden der Stadt Kiel im Vergleich zu den Gehalten in nicht nachweisbar belasteten Böden des ostholsteinischen Hügellandes

# MANGAN

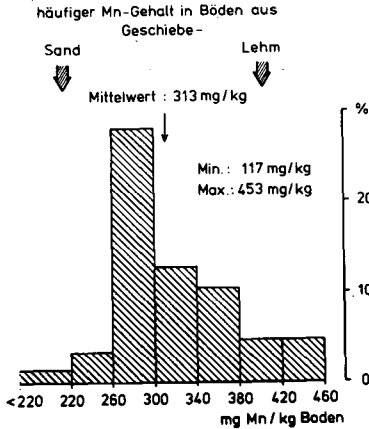


Abb. 1b: (Text s. Abb 1a)

der Zn-Gehalt unbelasteter Lehmböden ca. 40-50 mg/kg beträgt. Neben Blei und Zink sind in den untersuchten straßennahen Böden vor allem Kupfer (s. Abb. 1) und Cadmium angereichert. Die Gehalte anderer Elemente, wie Nickel und Mangan (s. Abb. 1), aber auch Cobalt, Arsen und Chrom liegen dagegen im Bereich der natürlichen Ausgangsgehalte.

Die an einigen Probenahme-stellen durchgeführten Untersuchungen der Unterbodenhorizonte ergaben kein einheitliches Verteilungsbild der Schwermetalle. Die Profildarstellung eines typischen Kieler Stadtbodens (Tab. 1) zeigt exemplarisch, daß die

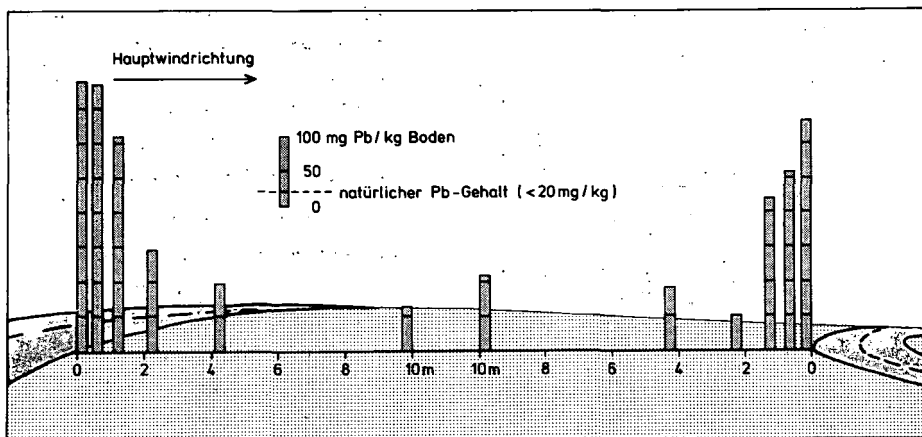
Schwermetallgehalte in tieferen Horizonten höher sein können als in den darüberliegenden, was jedoch wegen der hohen pH-Werte wohl nicht auf eine Verlagerung mit dem Sickerwasser zurückzuführen ist (vgl. HERMS und BRÜMMER 1981), sondern als eine Umschichtung des Bodens in jüngerer Zeit, z.B. bei Straßenbauarbeiten, zu deuten ist.

Tabelle 1: SCHWERMETALLGEHALTE EINES TYPISCHEN KIELER STRASSENRAND-BODENS  
(Standort: Westring/Goetheschule)

Horizont	Tiefe (cm)	Bodenart	org. S. %	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Pb	Zn	Cu ppm	Ni	Mn
Ah	- 4	lS	4,4	7,1	176	150	31	17,8	269
AhBv	- 12	sL	2,6	7,4	77	120	27	15,4	369
Bv	- 25	ls*	1,4	7,5	72	86	30	14,9	314
II fAh	- 33	sL*	2,4	7,5	126	154	47	21,3	398
IIICv	- 38	S	0,2	7,7	13	36	11	8,2	251

\*hoher Skelettanteil, vorwiegend Ziegel und Mörtel

Aus der Beziehung zwischen den Elementgehalten und der Entfernung der Probenahmestellen zum Fahrbahnrand (Abb. 2) ist ersichtlich, daß die in den straßennahen Böden akkumulierten Schwermetalle hauptsächlich aus der Emission von Kraftfahrzeugen stammen. In den Böden des Grünstreifens einer viel befahrenen Straße ist z.B. bereits innerhalb weniger Meter eine kontinuierliche Abnahme der Bleigehalte von 400 auf 55 mg/kg festzustellen (s. Abb. 2).



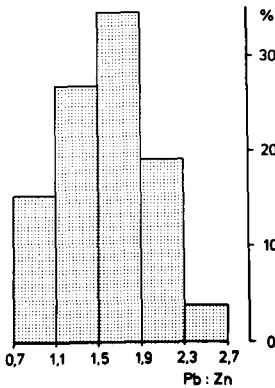
**Abb. 2:** Blei-Gehalte in den Ah-Horizonten (0-10 cm) von Straßenrand-Böden in Abhängigkeit von der Entfernung zur Fahrbahn (Standort: Kiel, Theodor-Heuss-Ring)

Um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie groß annähernd der Anteil der Kfz-bedingten Schwermetallimmission ist, der auf der Straße bleibt und in die Regenwasserkanalisation gelangt, wurden im Winter 1978/79 mehrere Schnee-Streusandproben vom Fahrbahnrand entnommen und auf ihre Gehalte an Schwermetallen untersucht. Dabei zeigte sich, daß in der Fraktion < 200 µm des Trockenrückstandes dieser nur drei Wochen alten Proben die Gehalte an Pb, Zn, Cu und Ni bereits in der Größenordnung der Schwermetallgehalte von stark belasteten straßennahen Böden liegen (Tab. 2, Abb. 1). Die Differenz zwischen den Schwermetallgehalten der Schnee-Streusandproben und des reinen Streusandes (jeweils Fraktion < 200 µm) ergibt annähernd den anthropogenen Gehalt der Schwermetalle in den Schnee-Streusandproben. Demnach gelangen Blei und Zink durch den Straßenverkehr mengenmäßig in einem Verhältnis von 1,0 auf die Fahrbahn, während die Bleiimmission das 3,2-fache der Kupferimmission ausmacht (Tab. 2).

**Tab. 2:** Mittelwerte der Schwermetallgehalte (mg/kg) im Trockenrückstand drei Wochen alter Schnee-Streusandproben (< 200 µm) vom Straßenrand (n=8) und in reinem Streusand (< 200 µm) sowie das Verhältnis der mittleren anthropogenen<sup>†</sup> Gehalte an Pb und Zn sowie Pb und Cu der Schnee-Streusandproben.

<sup>†</sup>s.Text

	Pb	Zn	Cu	Ni	Pb:Zn	Pb:Cu
Schnee-Streusand	303	338	104	27	1,0	3,2
Streusand	15	57	14	19	-	-



**Abb. 3:** Häufigkeitsverteilung des Verhältnisses der anthropogenen<sup>†</sup> Pb- und Zn-Gehalte belasteter Ah-Horizonte von Kieler Straßenrand-Böden (Pb-Gehalte > 140 µg/kg, n=26)  
<sup>†</sup>s. Text

In Annäherung lassen sich auch die anthropogenen Schwermetallgehalte der Straßenrand-Böden aus den Gesamtgehalten abzüglich der natürlichen Gehalte ostholsteinischer Böden errechnen. Die Häufigkeitsverteilung des Verhältnisses der anthropogenen Pb- und Zn-Gehalte belasteter Ah-Horizonte (Abb. 3) zeigt, daß nur wenige Böden ein Pb:Zn-Verhältnis von etwa 1,0 wie die Schnee-Streusandproben aufweisen, dagegen mehr als 50 % der Böden durch ein Pb:Zn-Verhältnis von 1,5-2,7 gekennzeichnet sind. Diese relativ stärkere Bleiakкумуляtion in den Böden ist zum einen darauf zurückzuführen, daß Blei mit den Abgasen unmittelbar an die bodennahe Luftschicht abgegeben und mit dem Luftstrom wahrscheinlich zum größten Teil direkt zu den angrenzenden Böden transportiert wird, während das im Reifenabrieb enthaltene Zink erst als Staub oder mit dem Spritzwasser auf den Boden gelangen kann. Zum anderen spiegelt der niedrige Pb:Zn-Quotient der Schnee-Streusandproben die Reduzierung der Pb-Gehalte im Benzin seit 1972 von 0,6 g Pb auf 0,15 g Pb/Liter wider.

Eine ökologische Bewertung der Schwermetallbelastung straßennaher Böden ist nur bedingt möglich, da über die potentielle Schädigung dieser Elemente auf Lebewesen in und auf Böden sowie über die Mobilität und damit

eine mögliche Anreicherung von Schwermetallen in der Nahrungskette noch nicht genug Kenntnisse vorliegen. Erste Anhaltspunkte geben die für das Abfallbeseitigungsgesetz vorgeschlagenen Grenzwerte für tolerierbare Schwermetallgehalte landwirtschaftlicher Kulturböden (KLOKE 1978, THORMANN und KLOKE 1979). Hiernach sollen die Blei- und Kupfer-Gehalte in Kulturböden 100 mg/kg und die Zinkgehalte 300 mg/kg nicht überschreiten.

### Literatur

- BLUME, H.P. (1981): Schwermetallverteilung und -bilanzen typischer Waldböden aus nordischem Geschiebemergel  
Z. Pflanzenern. Bodenk. 144, 156-163
- BRÜMMER, G. (1978): Funktion des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre. In: Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland (G. Olschowy, ed.) Parey Hamburg-Berlin, 111-124
- HERMS, U. und BRÜMMER, G. (1980): Einfluß der Bodenreaktion auf Löslichkeit und tolerierbare Gesamtgehalte an Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei in Böden und kompostierten Siedlungsabfällen.  
Landwirtsch. Forschung 33, 408-423
- KLOKE, A. (1978): Der Einfluß von Schadgasen und Schadstoffen auf die Vegetationsdecke. In: Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland (G. Olschowy, ed.) Parey Hamburg-Berlin, 688-697
- LICHTFUSS, R. und BRÜMMER, G. (1978): Röntgenfluoreszenzanalyse von umweltrelevanten Spurenelementen in Sedimenten und Böden.  
Chem. Geol. 21, 51-61
- SCHLICHTING, E. (1965): Schwermetalle in typischen Böden der nordwestdeutschen Moränenlandschaft (insbesondere Kupfer in Podsolen).  
Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 110, 93-109
- THORMANN, A. und KLOKE, A. (1979): Hausmüll als Düngemittel?  
Umwelt 2, 94-95.

### Heavy metals in road bordering soils in the city of Kiel

The Pb contents of 61 soils bordering roads in the city of Kiel exceed the natural content (of comparable soils, not proven to be polluted) of 20 mg/kg partly to a high amount. More than 30 % of the Pb contents range between 60 and 100 mg/kg, the highest content reaches 455 mg Pb/kg soil. In the soils of a green dividing strip, the Pb contents decrease from 400 to 55 mg/kg within a few meters distance from the road.

In more than 95 % of the soils, a Zn accumulation was also detected. The most frequent values (65 %) range between 100 and 180 mg/kg, the highest contents reaches 220-260 mg Zn/kg, while the Zn contents of comparable non-polluted soils lies around 40-50 mg/kg.

In addition to Pb and Zn, especially Cu and Cd are enriched in soils bordering roads. The contents of other elements like Ni, Mn, Co, As, and Cr are within of the natural level.

The heavy metal contents of the soils are compared with those found in sand grit, used as anti-skidding agent in Winter.





SOIL CONTAMINATION BY HEAVY METALS IN INDUSTRIAL AREAS

von

M. POLEMIO, N. SENESI, S. BUFO<sup>+</sup>)

INTRODUCTION

Although almost all metals occur naturally as trace elements in soils, and participate in the nutritional chain from soil to plants and animals, they can be regarded as pollutants and become dangerous or toxic to plants and animals when they accumulate at high levels.

Industrial and mine wastes, in the form of atmospheric emission or liquid discharges, as well as applications of pesticides, fertilizers and other chemicals, strongly contribute to metal contamination of soils (Purves, 1975). Soil contamination by metal is considerable in several urban and rural areas: by Zn and Pb near a zinc factory in Poland (Gresta and Godzik, 1969); near a zinc smelter at Palmerton in Pennsylvania (Buchaner, 1971, 1978); by Pb, Zn, Mn close to lead, zinc and steel works in Yugoslavia (Karin, 1971, and Djuric et al., 1973); by Cd, Se, As, Ni, Hg and Pb near a lead smelting complex in Kellogg, Idaho (Ragaini et al., 1977); by heavy metals also of herbage and vegetables near the industrial area west of Dublin (Fleming and Parle, 1977); by Cd, Pb and Zn and in smaller areas by Cu around the Halking Mountain lead mining district in the North-East Clwyd, Wales (Davies and Roberts, 1978).

These metals are investigated more and more closely because of their importance in environment (Aubert and Pinta, 1977; Bradley et al., 1978) and in agriculture, as they can influence chemical properties, biological activity (Bowen, 1976) of soils and plant nutrition (Kenney and Jacobs, 1971). As such information is lacking for Apulia, we evaluated the contamination level related to industrial activities in an area covering approximately 20.000 km<sup>2</sup>, the soils of which, on limestone and generally well drained, are mainly devoted to sowable (8,000 km<sup>2</sup>), woody (6,500 km<sup>2</sup>) and forage crops except for the industrial district, which has grown near Bari since

---

<sup>+</sup>) Institute of Agricultural Chemistry, University of Bari, Italy.

about 1950, extends for more than 5 km<sup>2</sup>, has 120 factories of several kinds and more than 16,000 workers.

#### MATERIALS AND METHODS

Soil samples were taken with a stainless steel auger to 20 cm depth; 25 of them in the industrial (I series) and 52 in the rural district (R series). The mean values and ranges of some physical and chemical properties for both series are shown in table 1.

Metals were analyzed by atomic absorption spectrophotometry in the solutions obtained from soils according to Hamm and Stewart (1973), Haluschaak and Russel (1971), Fernandez (1973), and Hatch and Ott (1968).

#### RESULTS

The number of positive detections, concentrations ranges, average values and standard deviations for both series are reported for each element in table 2 as well as the means of minor element concentrations in world soils as reference level.

Data show that the metals occurred in the following order of frequency:

I series,  $Se < Sn < Hg = Cd = As < Bi = Cu = Ni = Mn = Pb = Zn$

R series,  $Se < Hg < Cd < Sn < Bi < Ni < Cu = As < Mn = Pb = Zn$

Only Se, Mn, Pb, Zn have the same trends in the two series: Se was never detected (Lo Moro et al., 1969); Lotti et al., 1966) and Mn, Pb, Zn were always found. Cu, Ni and Bi were detected in all samples from the industrial, but not in all from the rural area.

The most differences concerned Sn, Cd and particularly Hg. The average contents of Cd, Cu, Hg, Mn, Ni and Zn in the I series were higher and those of As and Bi lower than in the R series. As, Bi, Cu, Hg, Pb, Zn mean values in both series were higher than the world soils value: Mn, Ni and Sn mean values were also higher in I series but lower in R series.

The ratios between our data and the world soils means increase in the sequence:

I series,  $Ni = Mn < As < Zn = Pb < Bi < Cu < Hg$

R series,  $Cu < Zn < As < Bi$

#### CONCLUSIONS

Accumulation in rural soils is likely to be caused by agrochemical compounds of As, Cu, Zn, whereas in industrial soils we can suppose that it

**Table 1:** Average (and ranges) of some properties of soils from the industrial (I) and the rural (R) areas

	I	R
Clay (%)	35 (13 -49 )	13 ( 5 -38 )
Org.M. (%)	2.6 ( 1.2 - 4.2 )	2.1 ( 0.8 - 4.0 )
Lime (%)	13 ( 0 -63 )	32 ( 4 -70 )
pH (H <sub>2</sub> O)	7.7 ( 7.3 - 7.9 )	7.6 ( 7.1 - 7.8 )
CEC (me/100g)	18.2 ( 8.5 -21.9 )	33.9 (15.9 -56.0 )
Fe (‰)	16.7 ( 2.0 -31.2 )	21.8 ( 0.1 -85.8 )
Al (‰)	8.3 ( 0.2 -16.6 )	1.2 ( 0.3 - 5.3 )
P (‰)	0.31 ( 0.17- 0.35)	1.27 ( 0.17- 7.47)

**Table 2:** Heavy metal detection and contents in soil from industrial (I,n=25) and rural (R,n=52) areas

Element	Series	De- tected in	Range (ppm)	Average (ppm)	Standard devi- ation	World Soils mean (ppm)
As	I	24	2.6 - 12.6	7.5	2.7	5.0
	R	51	0.12- 22.01	11.41	6.38	
Bi	I	25	0.20- 0.85	0.67	0.16	0.2
	R	33	1.0 - 5.0	2.10	0.97	
Cd	I	24	0.10- 1.20	0.50	0.20	0.5
	R	24	0.08- 0.60	0.22	0.16	
Cu	I	25	13.98- 883.20	95.46	201.46	20.0
	R	51	4.40- 91.0	26.90	17.50	
Hg	I	24	0.05- 4.15	0.43	0.80	0.01
	R	4	0.03- 0.04	-	-	
Mn	I	25	240 -1880	1143	329	850
	R	52	167 -1270	661	296.36	
Ni	I	25	13.15- 302.40	51.75	70.17	40
	R	50	4 - 97.5	27.27	19.78	
Pb	I	25	3.4 - 49.3	17.80	8.2	10
	R	52	1.5 -5750	-	-	
Sn	I	20	0.08- 23.80	1.58	5.24	10
	R	26	1.43- 17.6	9.38	4.69	
Zn	I	25	15 - 572	91.00	141	50
	R	52	35 - 200	88.29	29.25	

is due to industries (as typical metals Cd, Cu, Hg, Mn, Ni and Zn would be considered).

Because some elements have a very high level of accumulation we can deduce that the area examined was affected by metal pollution, especially Hg. On the basis of the world soil mean, Poelstra's data (1974) and our findings (Polemio et al., 1979), both on the Bari samples, we assume not more than 0.01-0.02 ppm as background concentration. The mean value found in the industrial district of Bari is then 20-40 times higher.

#### ABSTRACT

Soil samples taken from agricultural land around the industrial district of the city of Bari in Apulia (Southern Italy) and from rural areas in that region were analyzed for their contents of As, Bi, Cd, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sn and Zn by atomic absorption spectrophotometry.

All the elements except Se were present in all samples from the industrial district, whereas Hg was not detectable in the rural soils, and Bi, Cd and Sn were found only in 50-60 % of them. The average contents of Hg, Cd, Cu, Mn, and Ni in soils close to the industrial area appeared to be always higher than the mean contents in rural soils and the common ranges known for world soils.

The findings suggest a heavy metal contamination of soils in the industrial area.

#### REFERENCES

- Aubert, H. and Pinta, M., 1977: Trace elements in soils. Elsevier Sci. Publ. Amsterdam.
- Bowen, H.J.M., 1966: Trace elements in biochemistry. Academic Press, London.
- Bradley, R.I., Rudeforth C.C., Wilkins, C., 1978: Distribution of some chemical elements in the soils of North-West Pembrokeshire, J. Soil Sci. 29, 258-270.
- Buchaner M.J., 1971: Effects of zinc and cadmium pollution on vegetation and soils. Ph.D. Thesis, Rutgers University, New Brunswick, N.J.
- Buchaner M.J., 1978: Contamination of soil and vegetation near a zinc smelter by zinc, cadmium, copper and lead. *Envir. Sci. Techn.* 7, 131-135.
- Davies B.E., Roberts L.J., 1978: The distribution of heavy metals contaminated soils in North-East Clwyd, Wales. *Water, Air and Soil Pollution* 2, 507-518.
- Djuric D., Kerin Z., Craovac-Leposavic L., Novak L., Kop M., 1973: Environmental contamination by lead from a mine and smelter. *Arch. Environ. Health* 23, 275-279.

- Fernandez F.J., 1973: Atomic absorption determination of gaseous hydrides utilizing sodium borohydride reduction. Atomic Absorp. Newsletter 21, 95.
- Fleming G.A., Parle P.J., 1977: Heavy metals in soils, herbage and vegetables from an industrial area west of Dublin city. Ir. J. Agric. Res. 16, 53-48.
- Gresta S., Godzik S., 1969: Influence of zinc mining on soil. Roczniki Gleboznawcze 20 z1.
- Haluschak P., Russel A., 1971: Total minor element content of soils in the Portage map area of Manitoba, Proc. 15th Ann. Manit. Soil Sci. Meeting, 4-9.
- Hamm J.W., Stewart W.B., 1973: A simplified procedure for the determination of total mercury in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 4, 233-240.
- Hatch W.R., Ott W.L., 1968: Determination of submicrogram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. Anal. Chem. 40, 2085.
- Kenney D.R., Jacobs L.W., 1971: The remaining seventy elements, In: G. Chester, J.M. Bremner, Eds., Soil Chemistry, N.Y., Marcel Dekker, p. 81.
- Karin D., 1971: Delimitation of industrial emission by means of plant analysis. Protectis Vitae, reprint no. 5/71 (85).
- Lo Moro A., Galoppini C., Lotti G., 1969: Contenuto in selenio die alcuni zolfi e piriti italiane. Tecnica Agricola XXI, 2.
- Lotti G., Galoppini C., Lo Moro A., 1966: Ricerche sul contenuto in selenio dei terreni italiani. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. mem. LXXVIII, 491-502.
- Poelstra P., Frissel M.J., Van der Klugt N., Tap Killy, 1974: Behaviour of mercury compounds in soils; Accumulation and Evaporation, Comparative Studies of Food and Environmental Contamination, p. 281-292, IAEA, Vienna.
- Polemio M., Senesi N., Lorusso L., 1979: La contaminazione dei metalli nei terreni a coltura. Inquinamento, n.9, 69-75.
- Purves D., 1977: Trace element contamination of the environment. Fundamental aspect of pollution control and environmental science. Series n.1, Elsevier-North Nolland Inc., New York.
- Ragaini R.C., Ralston H.R., Roberts N., 1977: Environmental trace metal contamination in Kellog, Idaho, near a lead smelting complex. Envir. Sci. Technol. 11, 773-781.

#### Metallkontamination des Bodens in Industriegebieten

Landwirtschaftlich genutzten Flächen (550 ha) in Nachbarschaft der Industrie der Stadt Bari (Aplia, Süditalien) wurden Bodenproben entnommen und mittels AAS auf As, Bi, Cd, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn und Zn nach geeigneter Extraktion analysiert.

Alle untersuchten Elemente sind von Bedeutung für die Landwirtschaft, denn sie können im Boden die chemischen Eigenschaften, die biologische Aktivität und die Pflanzenernährung beeinflussen. Ziel dieser Arbeit war es, zu

untersuchen, ob eine Kontamination der Böden neben Industrieanlagen stattgefunden hat, und zwar im Vergleich zu Böden ländlicher Gebiete und solchen anderer Regionen der Erde.

Unsere Daten zeigen, daß alle Böden industrienaher Standorte die untersuchten Elemente enthielten, während in Böden ländlicher Gebiete kaum Hg vorkam und nur 50-60 % von ihnen Bi, Cd und Sn aufwiesen.

Die mittleren Hg-, Cd-, Cu-, Mn- und Ni-Gehalte der industrienahen Böden liegen immer höher als die der ländlichen Böden und als die natürlicher Böden der Welt. Dieses zeigt die Kontamination der Böden durch Industrie, die meist die zugelassenen Grenzen für Böden und Pflanzen übertrifft; insbesondere in einigen Gebieten des Kreises.

Es ist schwer, den Effekt der Verunreinigung der Böden mit Bi und Sn auszuwerten, denn die Gehalte sind im allgemeinen höher als diejenigen typischer Böden der Erde aber niedriger als diejenigen der ländlichen Böden der Region.

Unsere Daten für As, Pb und Zn sind höher als die durchschnittlichen Werte normaler Böden, lassen also eine verbreitete Kontamination erkennen, die meist auf eine intensive Verwendung metallhaltiger Chemikalien in der Landwirtschaft der Region hinweisen. Das schließt aber die mögliche Beteiligung der Industrie an der Kontamination nicht aus.

SCHWERMETALLVERTEILUNG IN BÖDEN IM SÜDOSTEN HAMBURGS

von  
LUX, W.<sup>+)</sup>

**Untersuchungsgebiet und Problemstellung**

Die Vier- und Marschlande bilden den südöstlichen Teil des Hamburger Staatsgebietes. Sie liegen im Elbtal und werden durch Bille und Geestrand im Norden begrenzt, durch den Hauptstrom der Elbe von Südosten über Süden bis Südwesten und von der Norderelbe im Westen. Das gesamte Gebiet wird intensiv landwirtschaftlich genutzt, wobei weite Teile einer unregelmäßigen Wechselwirtschaft zwischen Ackerbau und Beweidung unterliegen.

Direkt im Nordwesten anschließend liegt das größte zusammenhängende Industriegebiet Hamburgs, zu dem auch mehrere Schwermetalle emittierende Betriebe gehören, besonders in den Stadtteilen Veddel, Rothenburgsort, Billbrook (s. Abb. 1).

In Hamburg werden seit Mitte der 60er Jahre Schwermetalluntersuchungen durchgeführt. Sie beziehen sich jedoch auf reine Industriegebiete (Garber, 1970), Elbsedimente (Lichtfuß, 1975) oder Luftmessungen (Dannecker, 1981).

Das Ziel der in den Vier- und Marschlanden durchgeführten Untersuchungen ist es, zunächst eine flächenhafte Bestandsaufnahme der Schwermetallgehalte zur Erfassung der Belastungssituation durchzuführen. Dies wurde in anderen Gegenden der Bundesrepublik Deutschland zum Teil schon gemacht (Scharpenseel, 1975; Krämer, 1976; Kick, 1979; Symader, 1979; Scholl, 1981), jedoch gewöhnlich in sehr groben Probenahmerastern oder bei akuten Schäden (Vetter, 1974).

**Probenahme und Analyse**

Bis zu 3 km vom Industriegebiet entfernt wurden, soweit es die Geländesituation zuließ, Oberflächenproben (0-5 cm) im 200-m-Raster entnommen, von 3 bis 8 km in einem 1000-m-Raster, im übrigen Untersuchungsgebiet lediglich Stichproben, insgesamt an 162 Punkten. Aus 10 Einschlügen pro m<sup>2</sup> mit

---

<sup>+)</sup> Ordinariat für Bodenkunde, 2000 Hamburg 13, Von-Melle-Park 10

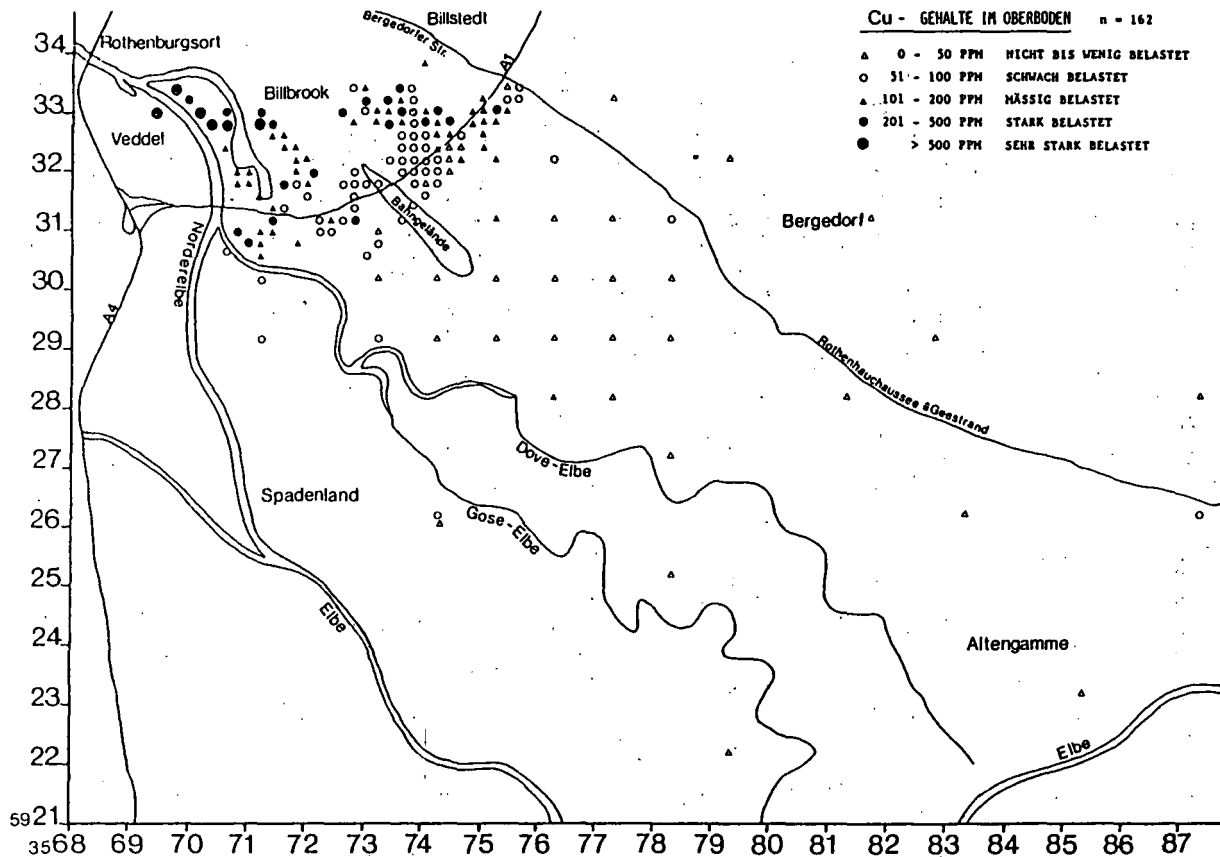


Abbildung 1 : Lage des Untersuchungsgebietes und Cu-Gehalte



einem Plastik-Stechzylinder (Höhe 5 cm,  $\varnothing$  5 cm) wurde jeweils eine Mischprobe erstellt.

Die Tiefenverteilung der untersuchten Elemente wurde in 3 typischen Gleyen in 2,3 km, 4,6 km und 7,6 km Entfernung vom hypothetischen Mittelpunkt des Industriegebietes ermittelt.

In sämtlichen Proben wurden mit Hilfe der RFA die Gesamtgehalte von 18 Haupt- und Spurenelementen gemessen, Cd im Salzsäureaufschluß mit der Flammen-AAS. Zusätzlich wurden der C-Gehalt, der pH-Wert, in den Profilen auch die Korngrößenverteilung und der N-Gehalt bestimmt.

### Ergebnisse und Diskussion

Es hat sich herausgestellt, daß die Elemente As, Pb, Cu und Zn die stärkste Anreicherung im Untersuchungsgebiet erfahren. Deshalb soll hier hauptsächlich auf diese eingegangen werden.

Abbildung 1 zeigt einerseits die Lage der Probenahmepunkte, andererseits die Cu-Gehalte in den Bodenproben. Es wird deutlich, daß die höchsten Gehalte in der Richtung der vorherrschend westlichen Winde liegen. Eine ähnliche Verteilung zeigen As, Pb und Zn, lediglich modifiziert durch die andere Lage der für sie verantwortlichen Emittenden; die Pb-Gehalte liegen zum Beispiel neben der Autobahn höher. In der Nähe der Industrie wird neben der stärksten Anreicherung die größte Streuung der Schwermetallgehalte festgestellt (s. Tab. 1). Dies ist bedingt durch örtliche Gegebenheiten wie Deiche, Baumgruppen, Gelände oder unterschiedliche Böden bzw. Aufschüttungsmaterialien. Eine besondere Rolle spielt mit Sicherheit der unterschiedlich hohe C-Gehalt, der mit den 4 genannten Elementen eine enge Korrelation zeigt.

Im Zusammenhang mit dem C-Gehalt steht die Nutzungsform; in Weideböden liegen generell der C-Gehalt und die Schwermetallgehalte höher als in Ackerböden (s. Abb. 2), was jedoch auch von der regelmäßigen Verteilung der Schwermetalle durch die Bearbeitung abhängt, wie es z.B. Crößmann (1974) aufgezeigt hat.

Es ist deshalb wichtig, bei der Beurteilung der Belastungssituation die Nutzungsform auszuweisen, da die Gehalte nicht direkt miteinander vergleichbar sind.

Die Bedeutung der Nutzungsform wird auch bei der Betrachtung der Tiefenverteilung in den Profilen sichtbar. Das Weideprofil "Sender" (4,6 km vom Industriegebiet entfernt) zeigt eine sehr starke Anreicherung von Cu, Pb, Zn, As, Sn und Cd in den oberen 5 cm (s. Abb. 3), anschließend eine sprung-

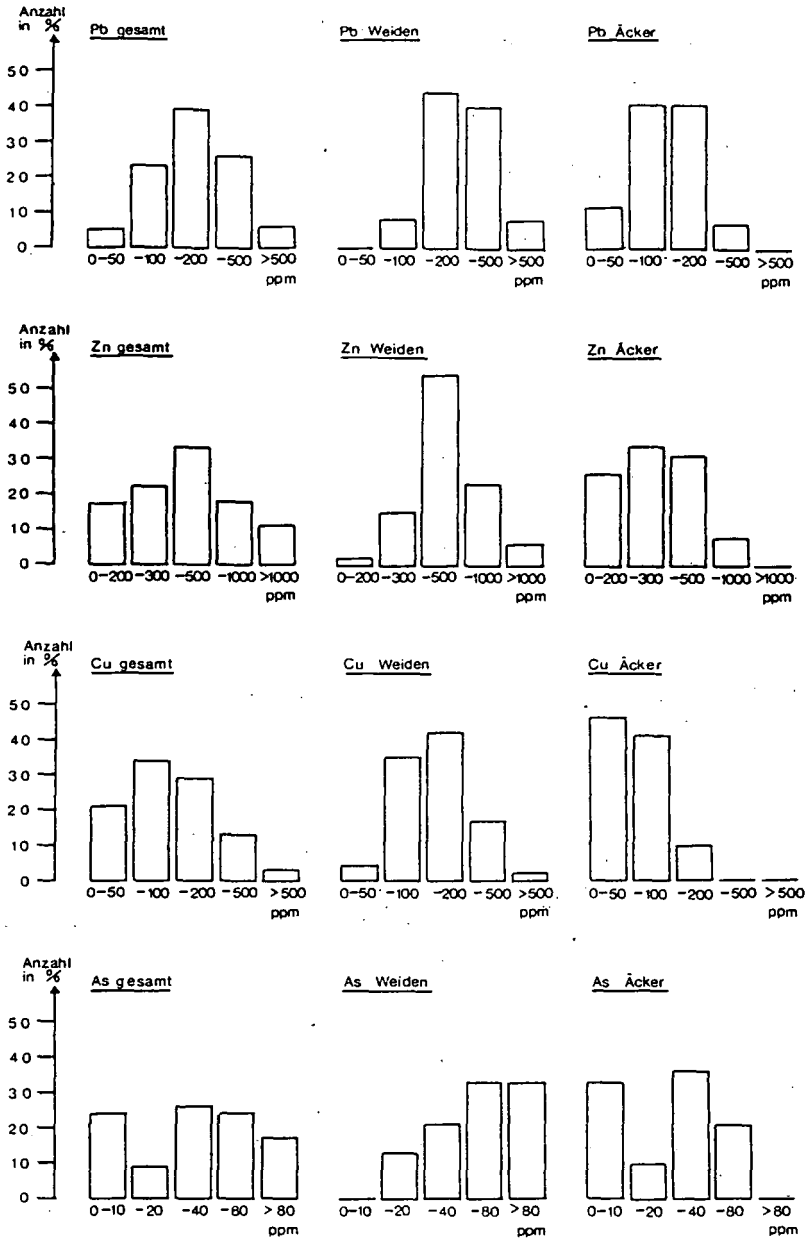
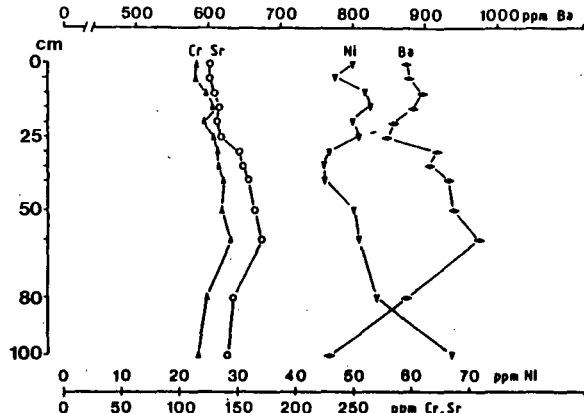
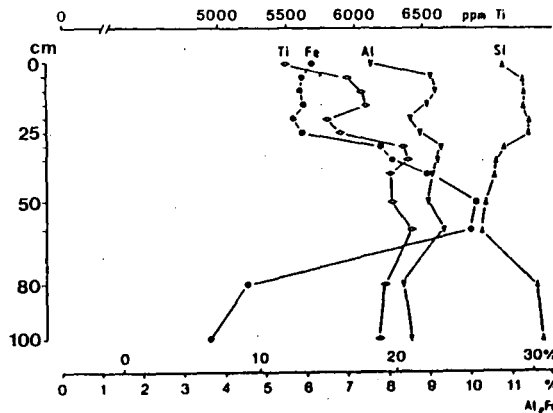
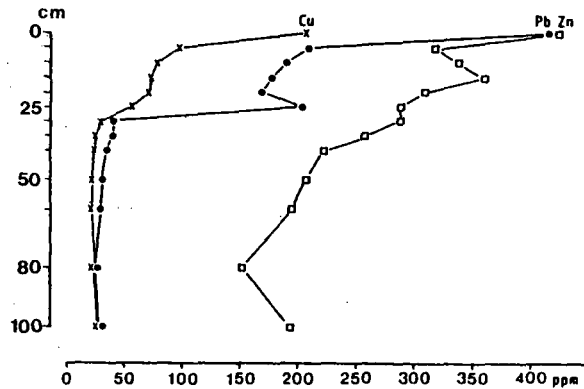
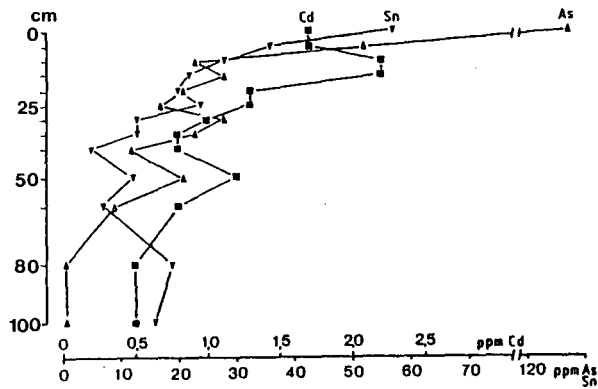


Abbildung 2 Häufigkeitsverteilung von Pb, Zn, Cu und As

Die Klasseneinteilung erfolgte in Anlehnung an die von Kloke (1977, 1981) vorgeschlagenen Toleranzgrenzen für Schwermetalle im Boden (Pb: 100ppm; Zn: 300ppm; Cu: 100ppm; As: 20ppm)



**Abbildung 3** Tiefenverteilung von Cd, Sn, As, Cu, Pb, Zn, Ti, Fe, Al, Si, Cr, Sr, Ni, Ba im Profil "Sender" (4,6 km Entf.)

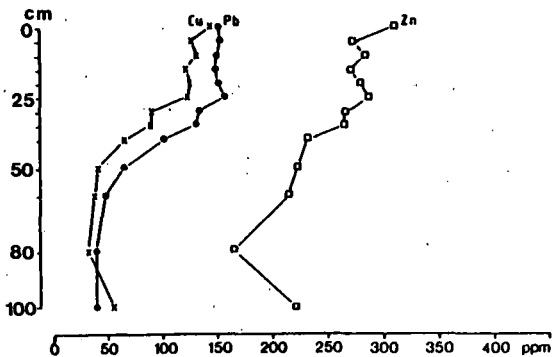
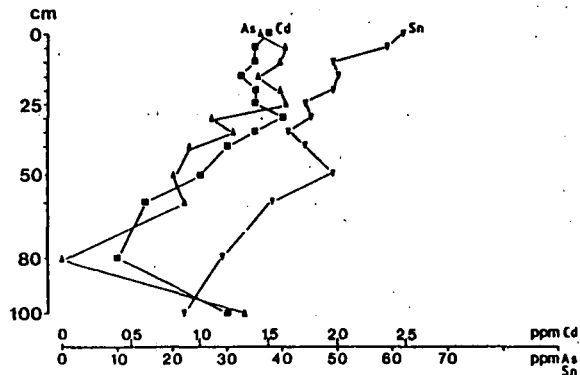


Abbildung 4 Tiefenverteilung von Cd, Sn, As, Cu, Pb, Zn im Profil "Kaltehohe (2,3 km Entf.)

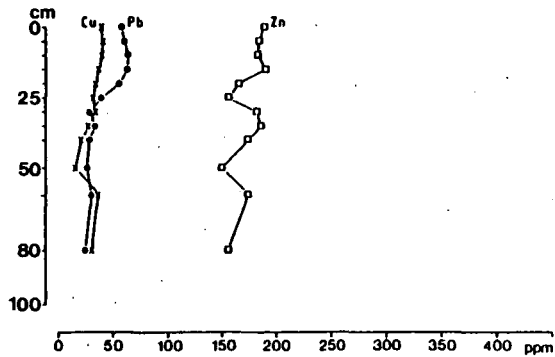
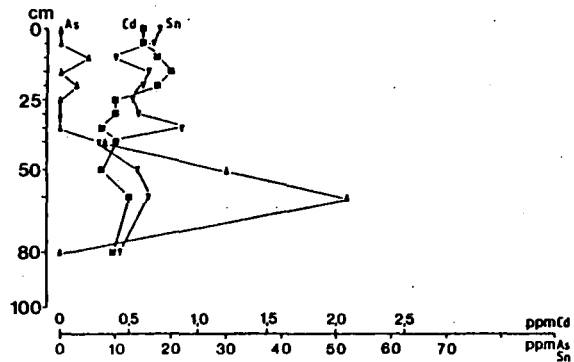


Abbildung 5 Tiefenverteilung von Cd, Sn, As, Cu, Pb, Zn im Profil "Boberg" (7,6 km Entf.)

Tabelle 1: Durchschnittliche Schwermetallgehalte im Boden in ppm  
( $\bar{x} \pm \delta_{n-1}$ )

	Pb	As	Cu	Zn
Acker 200-m-Raster	132 $\pm$ 52	35 $\pm$ 20	78 $\pm$ 29	339 $\pm$ 122
Acker 1-km-Raster	70 $\pm$ 23	24 $\pm$ 9	42 $\pm$ 7	242 $\pm$ 39
Weide 200-m-Raster	238 $\pm$ 149	85 $\pm$ 85	147 $\pm$ 89	514 $\pm$ 575
Weide 1-km-Raster	145 $\pm$ 65	38 $\pm$ 25	96 $\pm$ 33	574 $\pm$ 277
Garten 200-m-Raster	477 $\pm$ 369 (341 $\pm$ 160)	51 $\pm$ 43	199 $\pm$ 147	741 $\pm$ 594

hafte Abnahme, außer bei Zn und Cd, die weniger stark gebunden vorliegen und deren Verlagerung stärker vom pH-Wert abhängt als die der übrigen Schwermetalle. Die relativ niedrigen Gehalte und die gleichmäßige Verteilung der Elemente Ni, Cr, Sr und Ba (s. Abb. 3) lassen darauf schließen, daß diese für die Immission in den Vier- und Marschlanden keine Rolle spielen. Die leichten Schwankungen dieser Elementkonzentrationen bei der Tiefenverteilung sind durch das Substrat bedingt, das hier durch die Elemente Al, Fe, Se und Ti charakterisiert wird (s. Abb. 3). Im Ackerprofil "Kaltehofe" (2,3 km entfernt) ist eine Anreicherung der anthropogen eingebrachten Elemente in den oberen 25 cm festzustellen; ansonsten gelten die gleichen Feststellungen wie für das Profil "Sender" (s. Abb. 4). Das Ackerprofil "Boberg" (7,6 km entfernt) zeigt im Oberboden nur noch für Pb eine leichte Anreicherung (s. Abb. 5). Es kann als relativ wenig belastet gelten. Die hohe As-Anreicherung (s. Abb. 5) in diesem Profil in 60-80 cm Tiefe ist ungewöhnlich. Sie kann bedingt sein durch As-haltige Insektvernichtungsmittel, die über das Grundwasser aus dem nahen Entwässerungsgraben in der sich hier befindlichen Klei-Lage angereichert wurden.

Insgesamt darf für die Profile festgestellt werden, daß die Schwermetallgehalte ab etwa 60 cm Tiefe als die natürlichen gelten können. Sie sind auf den größten Teil der Vier- und Marschlande anzuwenden.

#### Zusammenfassung

Im Südosten Hamburgs (Vier- und Marschlande) liegen Schwermetalle emittierende Industrieanlagen und landwirtschaftliche Flächen eng nebeneinander; Ziel der Untersuchungen ist es deshalb, die flächenhafte Verteilung der

Schwermetalle in diesen Böden zu erfassen.

Bis zu 3 km vom Industriegebiet entfernt wurden Oberflächenproben in 200-m-Raster entnommen, von 3 bis 8 km in einem 1000-m-Raster, im übrigen Untersuchungsgebiet lediglich Stichproben. - Die Tiefenverteilung der Schwermetalle wurde in 3 typischen Gleyen in unterschiedlicher Entfernung vom Emissionsgebiet ermittelt. - In sämtlichen Proben wurden mit Hilfe der RFA 18 Haupt- und Spurenelemente gemessen, Cd mit der AAS.

Besonders die Elemente Cu, Pb und Zn zeigen in den Oberflächenproben stark erhöhte Gehalte im Vergleich zu natürlich vorkommenden, wobei Wiesen stärker betroffen sind als Äcker. So liegen z.B. im 200-m-Raster die Gehalte in Wiesenproben bei As zwischen 10 und 760 ppm, bei Pb zwischen 80 und 3000 ppm, in Ackerproben bei As zwischen 0 und 80 ppm und bei Pb zwischen 30 und 260 ppm.

In den Profilen zeigt sich bei allen anthropogen eingebrachten Elementen eine deutliche Gehaltsabnahme mit der Tiefe.

#### Literatur

- Crößmann, G.: Untersuchungen über Anreicherungen von Schwermetallen in Böden mit und ohne Bearbeitung. Staub-Reinh. Luft 34, 21-23, 1974
- Dannecker, W. et al.: Zeitgleiche Schwebstaubprobenahme in verschiedenen Höhen im Ballungsraum Hamburg und die nachfolgende chemische Analyse. Staub-Reinh. Luft 41, 254-261, 1981
- Garber, K.: Ergänzende Untersuchungen über die Auswirkungen der Luftverunreinigung auf die Vegetation in den Industriegebieten der Hansestadt Hamburg. Jahresbericht Institut für Angew. Bot., Hamburg 88, 207-235, 1970
- Kick, H. et al.: Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr und Co in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden Nordrhein-Westfalens. Landwirtsch. Forsch. 33, 12-22, 1980
- Kloke, A.: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitt. des VDLUFA 2, 32-38, 1977
- Kloke, A.: Schwermetalle in Böden und Pflanzen ländlicher und stadtnaher Gebiete. Der Stickstoff 13, 53-61, 1981
- Krämer, F.: Erste Untersuchungen zur Erstellung eines Bodenbelastungskatasters (Pb, Zn, Cd, Cu) im Raume Duisburg-Dinslaken. Schriften der LIB 39, 45-48, 1976
- Lichtfuß, R. und Brümmer, G.: Gehalte an umweltrelevanten Elementen in Elbe-Sedimenten. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 22, 349-354, 1975
- Scharpenseel, H.W. und Beckmann, H.: Schwermetalluntersuchungen an terrestrischen, hydromorphen und subhydrischen Böden aus ländlichen sowie stadt- und industrienahen Bereichen. Landwirtsch. Forsch. 28, 128-134, 1975
- Scholl, G. und Prinz, B.: Erhebungen über Aufnahme und Wirkung gas- und partikelförmiger Luftverunreinigungen im Rahmen des Wirkungskatasters des Landes NW. Schriftenreihe der LIS 53, 38-81, 1981

Symader, W.: Trendflächenanalyse zur Beurteilung raumvarianter Prozesse am Beispiel des Schwermetallgehaltes in Oberböden. Verh. d. Ges. Ökol. 7, 209-214, 1979

Vetter, H.: Belastungen und Schäden durch Schwermetalle in der Nähe einer Blei- und Zinkhütte in Niedersachsen. Staub-Reinh. Luft 34, 10-12, 1974

The Distribution of Heavy Metals in Soils  
in the South-East of Hamburg

In the south-east of Hamburg (Vier- and Marschlande) industry emitting heavy metals and agricultural areas are situated close together; on that account it is the aim of the investigations to prove the spreading in those soils. - Surface samples were taken in a 200m screen as far as 3 km away of the industry area, in a 1000m screen from 3 km to 8 km, and chance samples in the remaining area. - The distribution in depth was found out by means of 3 typical gleys taken in different distances from the emission area. - 18 main and trace elements were detected by means of XRS in all samples, Cd by means of AAS. - The report is mainly based on the interpretation of the contents of As, Cu, Pb, and Zn, because in comparison to the natural contents especially these elements show extremely increased contents in the surface samples, whereas there is worse effect on meadows than on ploughland. For example the contents of As in the samples taken from meadows are between 10 and 760 ppm, of Pb between 80 and 3000 ppm, the contents of As in the samples taken from ploughland are between 0 and 80 ppm and of Pb between 30 and 260 ppm. It is evident in the profiles that all elements brought in anthropogenically show a considerable decrease of content according to depth.





Schwermetallkontamination von Dränkanalwasser der unteren  
Seyhan-Ebene

von V. Oğuzer\* und M. Tamci\*\*

\* Ç.Ö. Ziraat Fakültesi, Kültürteknik Kürsüsü, Adana, Türkei

\*\* Ege Üniversitesi, Nükleer Araştırma Enstitüsü, Bornova-Izmir

Einleitung

In der Süd-Türkei liegt zwischen Taurus-Gebirge und Mittelmeer sowie dem Berdan- und dem Ceyhan-Fluß die Çukurova-Ebene. Aus der 1956 erbauten Seyhan-Talsperre werden bis heute 103 000 ha bewässert. Zur Ableitung des überschüssigen Wassers wurden ca. 1000 km Haupt- und Sekundär-Dränkanäle gebaut. Sie führen wegen der winterlichen Regenfälle und der sommerlichen Bewässerung ständig Wasser. Diese Kanäle dienen aber auch den in zunehmender Zahl gebauten neuen Fabriken (vgl. den Beitrag von Üzbek et al. in diesem Band) als Vorfluter für ihre (ungeklärten!) Abwässer.

Das Kanalwasser wird in den Gebieten ohne eigenes Bewässerungssystem zur Bewässerung, sonst zum Tränken der Tiere sowie zum Wäschewaschen, Geschirrspülen und Baden verwendet, besonders von der in Kanalnähe wohnenden Landbevölkerung und von den Saisonarbeitern. Daher wurden 1977 Untersuchungen über die Verschmutzung dieser Dränkanalwässer begonnen, um Aussagen über mögliche Gesundheitsschädigungen von Mensch und Tier machen zu können. Vom Institut für Pflanzenschutz der Çukurova-Universität Adana wurden die Gehalte an Pestiziden untersucht und von uns die Gehalte an den Schwermetallen Nickel, Kobalt und Blei. Hier wird über die während eines Jahres ermittelten Ergebnisse berichtet (über längere Zeit gewonnene Daten wären nicht vergleichbar, da ständig neue Fabriken gebaut werden und das Kontaminationsmuster verändern).

Material und Methoden

In der oberen und unteren Yüregir-Ebene zwischen Ceyhan- und Seyhan-Fluß wurden an 43 und in der Tarsus-Ebene zwischen Seyhan- und Berdan-Fluß an 18 Stellen aus den Dränkanälen im Laufe eines Jahres Wasserproben entnommen. Einmal monatlich wurden in den auf 1/5 ihres Ausgangsvolumens eingedampften Wasserproben die Gehalte an Ni, Co und Pb mittels Perkin-Elmer-AAS mit Untergrundkompensa-

tion analysiert.

Ergebnisse

Von der großen Zahl der ermittelten Daten sind in der Tabelle nur die Daten für Hauptkanäle (4 in der oberen und 5 in der unteren Yüregir-Ebene, 4 in der Tarsus-Ebene) in den Monaten Februar bis Juni dargestellt, weil diese uns am wichtigsten erscheinen. Sie lassen folgendes erkennen:

Die Nickelgehalte liegen zwischen 6 und 136 ppb, sind allgemein in der oberen Yüregir-Ebene etwas höher, in der unteren niedriger als in der Tarsus-Ebene und im Juni niedriger als vorher.

Die Kobaltgehalte liegen zwischen 7 und 52 ppb, sind in den Untersuchungsgebieten ähnlich gestuft wie Ni und weisen von der oberen über die untere Yüregir- zur Tarsus-Ebene eine Verschiebung der Maxima von Februar/März nach Mai auf.

Schwermetallgehalte ( $\mu\text{g/l}$ ) in Dränkanalwässern der unteren Seyhan-Ebene (- = nicht bestimmt)

Ort	Yüregir, oben				Yüregir, unten					Tarsus				
	8	14	16	24	34	35	37	39	42	5	7	8	9	
Ni	II	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-	30	30	-
	III	86	32	38	26	20	20	8	14	26	50	26	26	-
	IV	8	43	43	32	14	26	14	38	26	74	26	32	14
	V	21	-	46	61	21	-	-	41	21	16	6	136	16
	VI	16	11	16	21	-	-	-	-	-	11	11	71	-
	Co	II	40	20	20	20	-	-	-	-	-	40	-	20
III		46	19	22	22	25	28	16	22	13	28	-	19	-
IV		13	18	16	19	-	10	13	10	-	22	26	10	13
V		13	-	31	19	10	-	-	13	16	10	10	52	10
VI		-	-	7	10	-	-	-	-	-	13	-	19	13
Pb		II	70	-	210	280	-	210	-	-	360	140	-	280
	III	70	80	65	35	215	125	45	140	110	320	35	65	50
	IV	42	120	146	94	29	94	55	81	94	120	68	68	42
	V	242	-	158	172	46	-	-	74	74	18	32	88	46
	VI	29	16	42	68	-	-	-	-	-	29	3	276	55

Die Bleigehalte liegen zwischen 3 und 360 ppb, sind in den Untersuchungsgebieten umgekehrt gestuft wie Ni und weisen allgemein ein Maximum im Februar/März auf.

Aus diesen Daten geht hervor, daß die Ni- und Co-Gehalte geringer sind als die Grenzwerte der Welt-Gesundheits-Organisation (WHO) und des Türkischen Gesundheitsgesetzes (TGG). Die in allen Gebieten gemessenen hohen Pb-Gehalte sind jedoch nach dem TGG um das 4fache und nach WHO-Grenzwerte sogar um das 7fache zu hoch. Es ist daher mit entsprechenden Gesundheitsschädigungen bei Mensch und Tier zu rechnen.

Concentration levels of heavy metals such as Ni, Co, and Pb,  
in the water of drainage channels, and their environmental  
impact in the Lower Seyhan Plain of Cukurova Region  
in Turkey.

The Lower Seyhan Plain, which is a deltaic plain, is bounded by the Taurus mountains on the north, the Mediterranean Sea on the south, the Berdan River on the west, and the Ceyhan River on the east. Because of its topographic characteristics, it is regionally called "Cukurova" which means low flat plain. The State Hydraulic Works (DSI) has been constructed approximately 1000 km long drainage network in 181.000 hectares of land in order to drain excess water originating from rainfall, and secondary and tertiary irrigation channels. Due to irrigation water and/or rainfall there is always water in drainage channels. Many factories have been constructed with increasing numbers on the most fertile lands of the Plain. In addition to the easy accessibility to the national transportation network, energy source and ground water supply, one of the other reason that the industrial sector prefers the Plain for its establishments is the availability of drainage network in which industrial wastes could be dumped into with no extra cost. The factories do not have their own waste water treatment facilities, and consequently the wastes are directly discharged into the drainage channels. Water in the channels is used for irrigation and animal watering in the lower part of the Plain. For this reason, this study was set up in the year of 1977 with the goal of determining affect of heavy metals such as Ni, Co, Pb, etc., on the environmental pollution. It was found that concentration of Co in the water was between 0.007-0.052 ppm, Pb between 0.003-0.360 ppm, and Ni between 0.008-0.136 ppm. Among these concentrations Pb was found to be at harmful level for human health according to the Turkish, WHO, and English standards.



Erste Ergebnisse von Untersuchungen zur  
Geochemie von Schwermetallen in Böden  
und Sedimenten des Elbtals.

von

Hintze, B. +

1. Einleitung

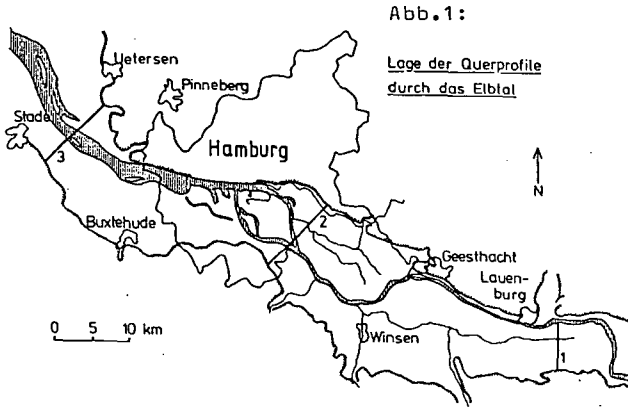
Die intensiv landwirtschaftlich genutzten Böden des Elbtals im Raum Hamburg befinden sich zum Teil in unmittelbarer Nähe von Schwermetallemittenten. Um genauere Aussagen über Schwermetallanreicherungen treffen zu können und zu einer besseren Beurteilung der Belastbarkeit der Böden mit Schwermetallen zu kommen, ist es u.a. notwendig, die natürliche Vorbelastung zu kennen. Da aber gerade im Wirkungsbereich eines Flußsystems wie der Elbe infolge der Sedimentfracht aus unterschiedlichen Sedimentliefergebieten mit Abweichungen vom Tongesteinsstandard (TUREKIAN und WEDEPOHL, 1961) zu rechnen ist, sind regionale Untersuchungen zur Ermittlung der natürlichen Schwermetallgehalte erforderlich.

Die bisherigen Schwermetalluntersuchungen im Bereich der Unterelbe wurden ausschließlich an rezenten Sedimentproben aus dem Flußbett der Elbe durchgeführt (FÖRSTNER und MÜLLER, 1974; LICHTFUSS, 1977; LICHTFUSS und BRÜMMER, 1977 und 1979). Da eine Übertragung dieser Werte auf die Fläche wegen der Vielfalt der unterschiedlichen Sedimente nicht unproblematisch sein dürfte, sollen hier zunächst als Bestandsaufnahme die Schwermetalle in ihrer natürlichen Verteilung in den vorindustriell abgelagerten Elbsedimenten erfaßt werden.

2. Arbeitsgebiet und Methoden

Zur Untersuchung der räumlichen und zeitlichen Aufeinanderfolge der Sedimente wurden drei Querschnitte durch das Elbtal gelegt (Abb.1). Dadurch sind drei unterschiedliche Sedimentationsräume

+ Ordinariat für Bodenkunde der Universität Hamburg,  
von-Melle-Park 10, 2000 Hamburg 13



des Unterlaufs der Elbe repräsentiert.

Querschnitt 1 liegt im Bereich reiner Auendynamik, die zu keiner Zeit durch Tideeinfluß unterbrochen war. Kennzeichnend sind die mehrere Meter mächtigen Sande des Elbe-Urstromtals und die Auenlehmdecke von ca. 1 m Mächtigkeit mit aufgefüllten Einschnitten alter Elbarme.

Querschnitt 2 befindet sich in einem Gebiet, in dem es seit Beginn der atlantischen Transgression zu häufig wechselnden Sedimentationsbedingungen infolge des wechselnden Einflusses von Auendynamik und Tide kommt. Die Deckschicht aus tonreichem Material ist in der Regel mächtiger als die Auenlehmdecke in Querschnitt 1. Hinzu kommt eine nahezu geschlossene Torfschicht in 1 bis 2 m unter der Geländeoberfläche. Aufgrund mehrerer 14 C-Altersbestimmungen können diese Niedermoortorfe dem späten Atlantikum zugeordnet werden (HINTZE, 1977).

Der dritte Querschnitt durchschneidet das Elbtal westlich von Hamburg in einem Bereich, der seit Beginn der atlantischen Transgression ständig unter Gezeiteneinfluß gestanden hat. Die Erosionsbasis ist hier seit dieser Zeit praktisch schon erreicht. Die Sedimentation und Erosion erfolgte seitdem nur noch in Abhängigkeit vom Gezeitenstrom.

Das gesamte Gebiet der Unterelbe ist seit ca. 800 Jahren eingedeicht und damit einer weiteren Sedimentation entzogen. Sieht man von kleinflächigen Sedimentationen infolge von Deichbrüchen ab, so können die Sedimente innerhalb der eingedeichten Flächen als vorindustriell abgelagert angesehen werden.

Die Entnahme der Proben erfolgte im 500m-Abstand mit einem Kernbohrgerät. Die Bohrkerns wurden jeweils alle 10 cm unterteilt. Von den ca. 1000 Proben wurden u.a. die Gesamtgehalte von 17 Haupt- und Spurenelementen mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse bzw. der flammenlosen AAS bestimmt. Zur allgemeinen Charakterisierung der Böden und Sedimente wurden die pH-Werte und die Gehalte an organischem Kohlenstoff gemessen, und an einer Auswahl von Proben wurden Korngrößenanalysen durchgeführt.

Im folgenden werden die Ergebnisse einiger ausgewählter Tiefenprofile dargestellt, die als mehr oder weniger repräsentativ für die einzelnen Querschnitte angesehen werden können.

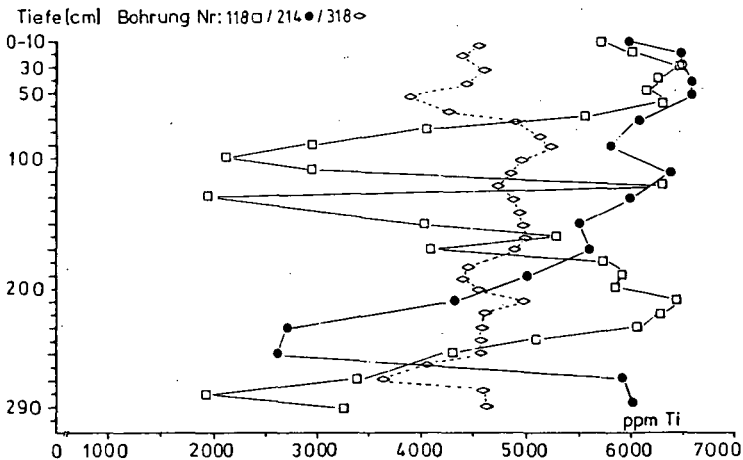


Abb. 2: Tiefenverteilung der Ti-Gehalte  
(Bohrung Nr. 118 aus Querschnitt 1,  
214 aus Querschnitt 2,  
318 aus Querschnitt 3)

### 3. Diskussion der Ergebnisse

#### 3.1 Zur Stratigraphie

Titanoxide sind sehr widerstandsfähig gegen Verwitterung, so daß es nur in Sonderfällen (z.B. in Lateriten) zu einer Lösung und Verlagerung kommt. Deshalb können die Titan - Gehalte für eine erste Charakterisierung der Elbsedimente als Leitwerte herangezogen werden.

Betrachtet man die Ti-Tiefenfunktion von Bohrung 118 in Abb.2, so ist diese ein Abbild der im Bereich des Querschnitts 1 vorherrschenden Sedimentfolge als Ergebnis der unter dem Einfluß der Auendynamik häufig wechselnden Sedimentationsbedingungen. Die Variationsbreite der Ti-Gehalte liegt hier zwischen 2000 ppm im reinen Sand (mS/gS) und 6500 ppm im lehmigen Ton; der Mittelwert beträgt 4195 ppm Ti.

Die Ti-Gesamtgehalte in Bohrung 214 (Abb.2) haben die gleiche Variationsbreite wie im Beispiel aus Querschnitt 1. Die Unterschiede in der Tiefenverteilung sind auf die andere Schichtenfolge zurückzuführen. Mit 5343 ppm Ti ist hier der Mittelwert entsprechend dem größeren Anteil tonreicher Sedimente deutlich höher als in Bohrung 118.

Das völlig andere Bild der Tiefenverteilung der Ti-Gehalte in Bohrung 318 (Querschnitt 3) wird wegen der hohen Sedimentfracht der Elbe kaum auf eine grundsätzlich andere Herkunft der Sedimente oder auf pedogenetische Prozesse zurückzuführen sein, sondern es zeigt sich hier offenbar deutlich die vermischende Wirkung der durch die Tide beeinflussten Sedimentationsbedingungen. Die Ti-Gehalte erreichen einen durchschnittlichen Wert um 4500 ppm mit einer erheblich geringeren Variationsbreite als in den beiden anderen Beispielen. Dieses Bild deckt sich mit den geringeren Unterschieden in der Bodenartenverteilung in diesem Gebiet (vor allem schluffiger Lehm und lehmiger Schluff).

#### 3.2 Zur Geochemie der Schwermetalle

Bei der Tiefenverteilung einiger ausgewählter Schwermetalle (As, Cu, Pb, Zn) werden die durch Bodenartenunterschiede vorgegebenen Schwankungen durch die Schwermetallgehalte unterschiedlich stark nachgezeichnet (Abb.3, Abb.4, Abb.5). Das mag z.T. an nicht mehr nachvollziehbaren Verlagerungsprozessen liegen; die wesent-



liche Ursache hierfür wird aber in den geochemischen Ausgangsgehalten von Schwermetallen in den Sedimenten in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung und dem Gehalt an organischer Substanz zu suchen sein.

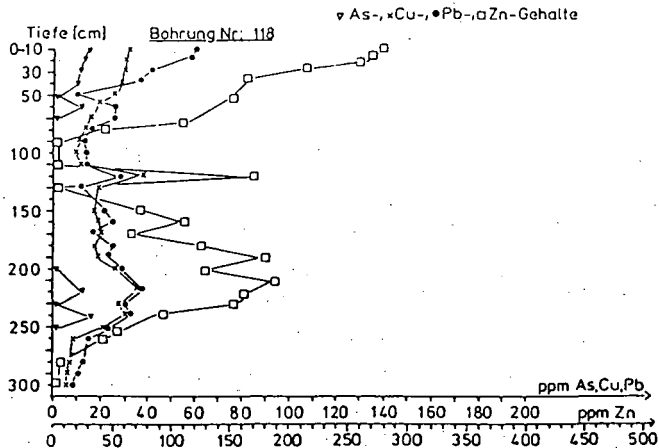


Abb.3: Tiefenverteilung der As-, Cu-, Pb- und Zn-Gehalte (Bohrung 118, Querschnitt 1)

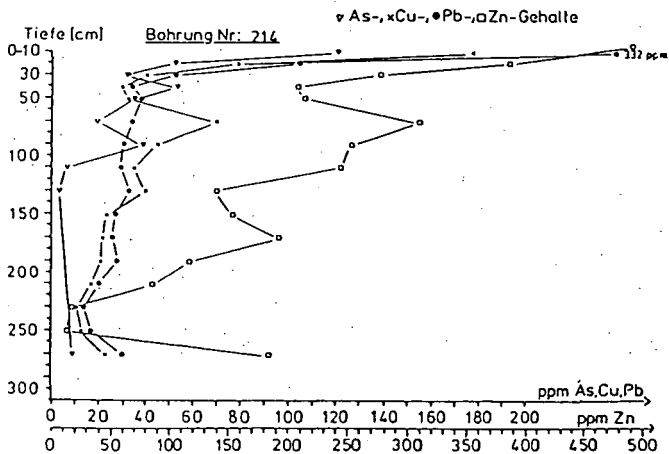


Abb.4: Tiefenverteilung der As-, Cu-, Pb- und Zn-Gehalte (Bohrung 214, Querschnitt 2)

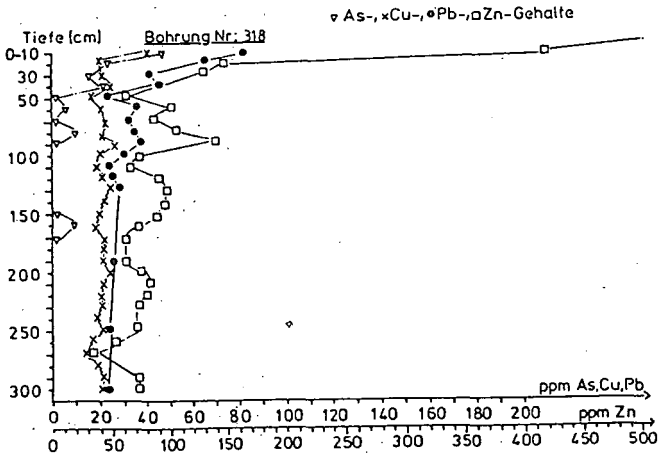


Abb.5: Tiefenverteilung der As-, Cu-, Pb- und Zn-Gehalte (Bohrung 318, Querschnitt 3)

In allen drei gezeigten Profilen sind Erhöhungen der Gesamtgehalte von As, Cu, Pb und Zn in den obersten 30 - 50 cm zu beobachten, die mit sehr großer Wahrscheinlichkeit auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen sind. Die Ausreißer nach oben bei Zn und Pb in den Abbildungen 6 und 7 entstammen ausschließlich aus dem genannten Bereich.

Abgesehen von den Anreicherungen in den oberen Bodenhorizonten ergeben sich enge Beziehungen zwischen den Zn- und Ti-Gehalten, bzw. den Pb- und Ti-Gehalten (Abb.6 u. 7), so daß die Hypothese gestellt werden kann, daß es sich hier um die geogenen Zn- und Pb-Gehalte handelt. Demnach kann in den Sedimenten des Elbtals in Abhängigkeit von der Bodenart mit natürlichen Ausgangsgehalten bei Zn zwischen 0 und 250 ppm und bei Pb zwischen 10 und 40 ppm gerechnet werden.

Vor allem bei Zink zeigen sich deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Streuung der Gesamtgehalte zwischen den drei Bohrungen (Abb.3,4,5,6). Während der Maximalwert in den unbelasteten tiefer gelegenen Proben in den Beispielen aus Querschnitt 1 und 2 bei 250 ppm liegt, beträgt dieser in Bohrung 318 (Querschnitt 3) nur 90 ppm. Dagegen sind Zn-Gehalte unter 50 ppm nur in den Beispielen aus den Querschnitten 1 und 2 zu finden. Auch in dieser Beziehung bestätigt sich die enge Korrelation zu den Ti-Gehalten.

mit der geringeren Streuung in Bohrung 318.

Ein Vergleich der Tiefenfunktionen von As und Cu (Abb.3,4,5) mit dem Verlauf der Tiefenfunktionen von Ti (Abb.2) läßt hierfür ähnlich enge Beziehungen erwarten wie die zwischen Zn und Ti bzw. Pb und Ti. Demnach ist mit geogenen As-Gehalten bis zu 20 ppm zu rechnen, während sich die natürlichen Cu-Ausgangsgelalte - wie Pb - in dem Bereich zwischen 10 und 40 ppm befinden.

Die hier aufgeführten ersten Ergebnisse der Untersuchungen deuten darauf hin, daß es im Hinblick auf die natürlichen Schwermetallausgangsgelalte innerhalb des Elbtals deutliche regionale Unterschiede gibt, die wahrscheinlich in engem Zusammenhang mit den unterschiedlichen Sedimentationsbedingungen zu sehen sind. Die Auswertung sämtlicher Erhebungsdaten muß zeigen, ob sich diese Annahme bestätigt.

Es stellt sich aber schon jetzt die Frage, ob der von LICHTFUSS (1977) und LICHTFUSS u. BRÜMMER (1979) anhand von rezenten

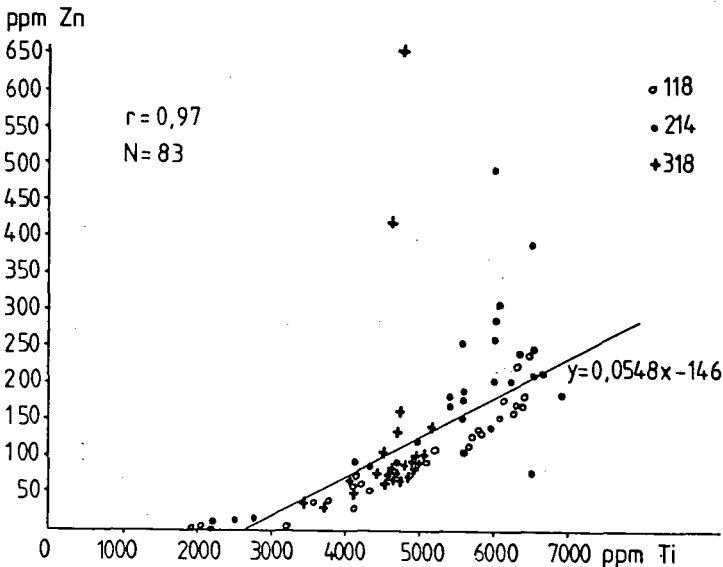


Abb.6: Beziehungen zwischen den Gehalten an Zn und Ti in den Proben je einer Bohrung aus den drei Querschnitten.

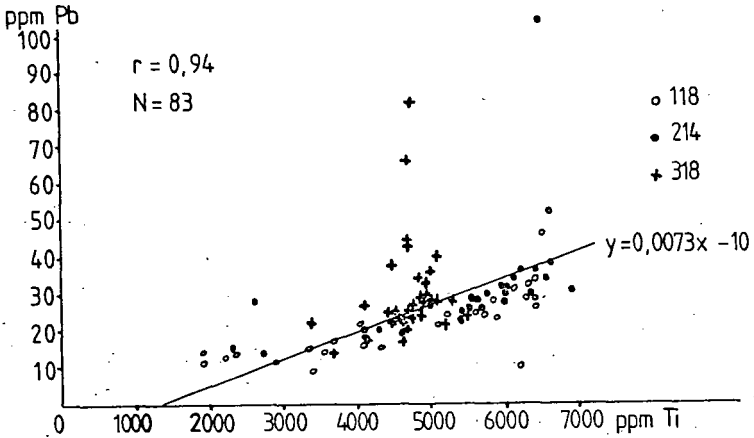


Abb.7: Beziehungen zwischen den Gehalten an Pb und Ti in den Proben je einer Bohrung aus den drei Querschnitten.

Schlickproben ermittelte "regionale geochemische Sedimentstandard" tatsächlich repräsentativ für die Region Unterelbe ist. Sollen Aussagen für die eingedeichten landwirtschaftlichen Nutzflächen gemacht werden, erscheint die Entnahme von rezentem Elbschlick kaum geeignet zu sein; da dieser in jedem Falle kontaminiert ist und das Ausmaß der Kontamination nur schwer zu bestimmen ist. Außerdem wird man so der Vielfalt der tatsächlich vorhandenen Variationsbreite der Sedimente nicht gerecht, da der rezente Elbschlick im Flußbett ständigen Umverlagerungen und Durchmischungen unterworfen ist und somit später hinzu gekommene Einflüsse noch schwieriger zu erkennen sind als in terrestrischen Tiefenprofilen in vorindustriell abgelagerten Sedimenten.

#### 4. Zusammenfassung

An Hand von ca. 1000 Proben aus drei Querprofilen durch das Elbtal zwischen Lauenburg und Stade wird versucht, das Spektrum der natürlichen Vorbelastung der vorindustriell abgelagerten Sedimente mit Schwermetallen zu ermitteln.

Mit Hilfe von RFA und AAS wurden die Gesamtgehalte von 17 Spuren- und Hauptelementen bestimmt, und es wird versucht, eine Stratifizierung der untersuchten Sedimente vorzunehmen. Die Werte sollen als Basisdaten u.a. eine bessere Beurteilung der Belastbarkeit der intensiv landwirtschaftlich genutzten Böden des Elbe-Ästuars mit Schwermetallen ermöglichen.

Die ersten Ergebnisse zeigen, daß auf Grund des großen Bodenartenspektrums im Sedimentationsraum Unterelbe mit einer großen Variationsbreite der geogenen Schwermetallgehalte zu rechnen ist. Für Zn liegt dieser Bereich zwischen 0 und 250 ppm, für Pb und Cu zwischen 10 und 40 ppm und für As zwischen 0 und 20 ppm. Die Ermittlung eines für die Region allgemein gültigen Sedimentstandards wird dadurch erheblich erschwert.

Literatur:

- ACKERMANN, F. (1980): A Procedure for Correcting the Grain Size Effect in Heavy Metal Analyses of Estuarine and Coastal Sediments. Environmental Technology Letters Vol.I, 518-525.
- ACKERMANN, F., H. BERGMANN und U. SCHLEICHERT, (1979): On the Reliability of Trace Metal Analyses of a River Sediment and an Estuarine Sediment. Fresenius Z. Anal. Chem. 296. 270-276.
- FÖRSTNER, U. und MÜLLER, G. (1974): Schwermetalle in Flüssen und Seen. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 225 S.
- HINTZE, B. (1977): Untersuchungen zur Landschaftsentwicklung der Vier- und Marschlande im Gebiet von Allermöhe. (Diplomarbeit Hamburg)
- LICHTFUSS, R. (1977): Schwermetalle in den Sedimenten schleswig-holsteinischer Fließgewässer - Untersuchungen zu Gesamtgehalten und Bindungsformen. Diss. Kiel, 133 S.
- LICHTFUSS, R. und BRÜMMER, G. (1977): Schwermetallbelastung von Elbe-Sedimenten. Naturwiss. 64, 122-125.
- LICHTFUSS, R. und BRÜMMER, G. (1979): Geochemische Ausgangsgehalte von Schwermetallen in Sedimenten schleswig-holsteinischer Fließgewässer. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 29, 549-554.
- LUECKE, W. (1977): Matrixeinflüsse auf die AAS-Spurenelementbestimmung in geochemisch unterschiedlichen Gesteinstypen. Chemical Geology, 20, 256-278
- MURAD, E. und FISCHER, W.R. (1978): Mineralogy and Heavy Metal Contents of Soils and Stream Sediments in a Rural Region of Western Germany. Geoderma, 21, 133-145.
- TUREKIAN, K.K. und WEDEPOHL, K.H. (1961): Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. Bull. Geol. Soc. Am. 72, 175-192.

BÖDEN VON UND NEBEN ENTSORGUNGEN -  
PROBLEME DER FEST- UND FLÜSSIGDEPONIEEN

Feste Abfälle verblieben über Jahrtausende in den Kommunen, was manchenorts die Bodenoberfläche im Laufe der Zeit beträchtlich ansteigen ließ; flüssige Abfälle wurden vor allem über Sickergruben entsorgt oder direkt Gewässern zugeführt. Mit diesen Verfahren waren vor allem hygienische Probleme verbunden.

Heute werden feste Abfälle - sofern Müll nicht verbrannt oder kompostiert wird - vorrangig auf gesonderten Flächen an der Peripherie einer Kommune deponiert. Das stellt hohe Anforderungen an und erfordert Kenntnis von Filter-, Puffer- und Transformationsvermögen der liegenden Böden (sofern keine künstliche Abdichtung erfolgte), um eine Grundwasserkontamination zu vermeiden, die wiederum benachbarte Gewässer oder auch Böden an Quellaustritten belasten kann. Häufig erfolgt eine Ablage in Mulden, z.B. aufgelassenen Steinbrüchen, Kies- oder Mergelgruben. Deponiegase, vor allem Methan, können dann in benachbarten Böden Sauerstoffmangel induzieren. Von der Luftleitfähigkeit der Böden hängt dabei ab, ob und wie weit sich das Gas lateral ausdehnt: bei sehr geringer Durchlässigkeit, die einen Gaseintritt verhindert oder bei sehr hoher Durchlässigkeit, die eine rasche Aufwärtsbewegung ermöglicht, wird die Vegetation nicht geschädigt.

Während und nach Abschluß der Schüttung kann Wassererosion den Abfallberg zertalen und benachbarte Böden mit Erosionsmassen überdecken, und auch Windumlagerung führt zu einer Staubkontamination benachbarter Standorte. Später erschweren vor allem toxisch wirkende Schwermetalle und die Sauerstoffversorgung beeinträchtigende Deponiegase die Begrünung. Ersteres läßt sich durch Abdeckung der Deponie mit Bodenmaterial vermeiden, während Gaschäden auch dann auftreten können (und durch organische Düngung gefördert werden, weil sie den mikrobiellen  $O_2$ -Verbrauch anregt). Ableitung der Gase, u.U. verbunden mit deren Nutzung, mindert mögliche Schäden; gleiches gilt bei Anlage locker gelagerter "Rotte"-Deponien, für die aber sehr viel mehr Fläche beansprucht wird, da nur geringmächtig geschüttet werden kann. An die zwischen Sauerstoff- und Wassermangel pendelnden Standortbedingungen sind weder Land- noch Sumpfpflanzen hinreichend angepaßt, so daß die

Pflanzenwahl schwierig ist. Daher wird durch Selbstbegrünung wohl am schnellsten eine geschlossene Vegetationsdecke erreicht.

Verrieselung flüssiger Abfälle ist eine gegenüber modernen Kläranlagen kostengünstigere Entsorgung und ermöglicht zudem ein Nährstoffrecycling. Sandige Böden gestatten einen hohen Abwasserdurchsatz; ihre Pufferkapazität ist aber rascher erschöpft als diejenige lehmiger Böden. Bei letzteren tritt bei höheren Rieselgaben leicht wuchshemmender Luftmangel auf: dieser kann im Unterboden allerdings erwünscht sein, um die Denitrifizierung zu fördern und damit die Grundwasserkontamination mit Nitrat zu mindern.

Vor allem wegen starker Schwermetallbelastung wird heute eine Nahrungs- und Futterproduktion auf Standorten mit Abwasserverrieselung als problematisch angesehen. Gleiches gilt naturgemäß für ein Ausbringen der Schlämme moderner Kläranlagen. Vermindern, hingegen nicht gänzlich vermeiden, lassen sich Vegetations- und Grundwasserkontamination durch Schwermetalle, wenn deren Löslichkeit durch regelmäßige Kalkung gesenkt wird.



Soils of and near Waste Disposal Units -  
Problems of Sanitary landfills and Waste Water  
Irrigation Fields

During millennia solid wastes remained in the settlements, in many cases causing a considerable rise of the soil surface. Liquid wastes were mainly transferred to drainage pits or introduced into streams, resulting in hygienic problems in both cases.

Nowadays solid wastes are - if not burnt or composted - mainly deposited in sanitary landfills in the outskirts of the towns. In order to prevent a contamination of groundwater and of water courses or adjacent soils the soils under the landfills should have good filter, buffer and transformation properties and, consequently, their knowledge is required. Frequently solid wastes are deposited in man-made depressions (e.g. former quarries, gravel pits). Then gases, especially methane, can induce oxygen deficiency in adjacent soils. The lateral dispersion of the gases depends on the air permeability of the soils; alternating layers of sand and loam favour it.

During or after the deposition, water may erode the waste hills while burying adjacent soils, and wind erosion may contaminate them with dust. Later toxic concentration of heavy metals and gases inducing oxygen deficiency may impede the plant growth on sanitary landfills. Covering the wastes with soil material can help to avoid the former, but often aggravates the latter (especially if organic material is applied, thus increasing the microbial oxygen consumption). Diversion of the gases, possibly connected with their use, diminishes the injuries. The same holds true for loosely packed "rotting deposits" which, however, require larger areas due to their thin deposition. Since neither land nor swamp plants are adapted sufficiently to site conditions oscillating between oxygen and water deficiency, it is difficult to choose suitable plants and advisable to leave it to the natural succession.

Irrigation with waste waters is more economical than modern water purification and allows a recycling of nutrients. Sandy soils can be irrigated more heavily, but their buffer capacity is exhausted earlier than that of loamy soils. In these, high doses of waste water may induce oxygen deficiency for plants (which, however, may be desirable

in subsoils where it causes denitrification and thus decreases the nitrate contamination of the ground water).

Due to the accumulation of heavy metals food and forage production on such irrigated soils is not recommended (likewise on soils treated with sludges). Plant and groundwater contamination, however, can be decreased - not avoided - by regularly liming the soils, thus lowering the solubility of the heavy metals.

DEPONIEEN VERSCHIEDENSTER ART, PROBLEME IHRER REKULTIVIERUNG  
UND INTEGRATION IN DIE STADTLANDSCHAFT

von

B. WOHLRAB, M. EHLERS und K. MOLLENHAUER<sup>+</sup>)

1. Einleitung

In vielen urbanen Gebieten prägen Deponien entscheidend das Landschaftsbild. Sie beeinflussen damit all das, was man ganz global unter dem Begriff "Lebensqualität" zusammenfassen kann. Nicht selten trugen und tragen sie entscheidend zur Einbuße der Attraktivität solcher Stadtlandschaften bei und sind damit ein Grund unter vielen für die seit den 60er Jahren deutlich abnehmenden Einwohnerzahlen durch Wanderungsverluste.

Wohl die auffälligsten Erscheinungen dieser Art finden wir in Verbindung mit dem Untertagebergbau, seinen rohstoff- bzw. energieorientierten Begleitindustrien und den damit zwangsläufig in deren unmittelbarer Nachbarschaft vom Arbeitskräftebedarf ausgelpösten Siedlungsagglomerationen (NEUFANG, 1974). Beispiele dafür sind in Deutschland das rheinisch-westfälische Industriegebiet, der Aachener Raum und das Saargebiet. Hier war es vor allem der Steinkohlenbergbau, der noch bis in die Zeit nach dem letzten Krieg seine Abraummassen zu sogenannten Bergehalden in unmittelbarer Nähe der Schachtanlagen und damit in der Regel auch in direkter Nachbarschaft der Bergarbeitersiedlungen und der sich aus ihnen entwickelnden städtischen Zentren aufschüttete. Lange Zeit bestimmten dabei ausschließlich technische, gesteinsmechanische Gesichtspunkte Form und Erscheinung dieser Halden (NEUFANG, 1974). Eine ähnliche Situation herrschte bei der Deponie der verschiedenen Produktionsrückstände von Kraftwerken und der Schwerindustrie.

Ein weiteres, wie wir noch sehen werden, wesentlich weniger problematisches Beispiel für unseren Themenkomplex sind die sogenannten Trümmerberge aus jüngster Vergangenheit, zu denen der Bauschutt in vielen kriegszerstörten Städten aufgetürmt wurde.

---

<sup>+</sup>) Institut für Mikrobiologie und Landeskultur (Landeskultur) der Justus-Liebig-Universität Gießen, Senckenbergstraße 3, D-6300 Gießen.

Ein drittes Beispiel - vom Wohlstand der sogenannten Wegwerfgesellschaft ausgelöst - stellen die Deponien häuslicher und gewerblicher Abfälle dar, die aus Transportkostengründen in unmittelbarer Nachbarschaft der alten Stadtzentren angelegt wurden und inzwischen zusammen mit der ausufernden Wohnsiedlungsbebauung zum Bestandteil urbaner Landschaften geworden sind. Als relativ wertlos angesehene Grundstücke, häufig Abgrabungsflächen, die sich zur Verfüllung anboten, waren und sind z.T. heute noch bevorzugte Standorte solcher Deponien.

Zu erwähnen wäre schließlich noch der Baugrubenaushub, der gerade in Verdichtungsgebieten mit reger Bautätigkeit in beträchtlichen Mengen anfällt und dann vielfach ebenfalls auf Flächen von geringerem wirtschaftlichen Wert deponiert wird (vgl. BEYERLE, 1971).

Mit diesen wesentlichen Beispielen ist die Ausgangssituation umrissen, vor der sich viele Stadtgemeinden bzw. deren kommunale oder regionale Zusammenschlüsse sahen und mit der sie sich heute noch im Interesse ihrer Bewohner auseinandersetzen müssen, sei es zur Sanierung älterer Deponien mit ihren negativen Wirkungen, sei es, um unvermeidbare künftige Ablagerungen von vornherein so zu planen und auszuführen, daß sie sich ohne nachteilige Folgen für die Umgebung in die Stadtlandschaft integrieren. Dabei ist ein Folgenutzungsziel in der Regel schon vorgegeben oder bietet sich in Ballungsgebieten zwingend an, nämlich die Nutzung der Deponie als landschaftsgestaltende Grünfläche, die dann insbesondere auch der Erholung und Freizeitgestaltung dient.

Die Realisierung einer möglichst störungsfreien Einbindung von Deponien in das Stadtbild und der angestrebten Nutzung hängt entscheidend vom Relief und von den Materialeigenschaften solcher Ablagerungen ab.

## 2. Relief- und Formgebung

Das Landschaftsbild älterer Bergbaugebiete ist durch ein charakteristisches Relief geprägt, bei dem steile Hügel, bis zu 100 m hohe Kegel und trapezförmige, pyramidenförmige oder kammartige Halden mit hohen, relativ steilen Böschungen (zu den Formen vgl.: KNABE, 1968a; DARMER, 1979, Bd. I) bei dementsprechend kleinen Grundflächen mit weit weniger als 10 ha vorherrschen (PETSCH, 1974). Die Neigung ergab sich aus dem Schüttvorgang. Ihre Beständigkeit hängt von der Standfestigkeit des jeweiligen Bergematerials ab. Am Böschungsfuß lagert bei Festgesteinen häufig grober Blockschutt. Schneller verwitterndes tonreiches Gestein oder Lockermaterial führte bei derartiger Ablagerungsweise oft zu anhaltenden Böschungsrutschungen und Ausbrüchen am Hangfuß, insbesondere, wenn die Halde auf einem, wenn auch

noch so schwach geneigten, schwerdurchlässigen Untergrund lagerte, der sich zum Gleithang entwickelt hatte.

Erst vor rund 40 Jahren kam es z.B. auch im Ruhrgebiet zu einer grundlegenden Änderung. Die durchschnittlichen Grundflächen neuzugelassener Halden wuchsen auf Maße von 10 bis über 20 ha an (PETSCH, 1974). Landschaftsgerechtere Formgebungen setzten sich, soweit sie mit der Ablage- rungstechnik in Einklang zu bringen waren, durch. Relativ flache Tafel- berghalden mit materialspezifischer Terrassierung durch Bermen, die abge- sehen von der Zuwegung auch für eine schadlose Abführung von Oberflächen- abfluß sorgen, beherrschen heute das Bild (vgl. PETSCH, 1974, als Beispiel: Bergehalde Pattberg). Allerdings hatten Bestrebungen, neue Halden auf we- nige Standorte zwischen mehreren großen Schachtanlagen zu konzentrieren, aus verschiedensten Gründen nur sehr begrenzten Erfolg.

Ebenso erging es Bemühungen, das Bergematerial grundsätzlich zur Gelände- ausformung und als Schüttgut überall dort einzusetzen, wo es zu Bauzwecken und zur Landschaftsgestaltung benötigt wird, z.B. beim Straßenbau, zwischen sich kreuzenden Verkehrsstrassen mit hohen Böschungen oder bei der Aufhö- hung von Bergsenkungsgebieten. Für derartige, über die unmittelbare Ver- pflichtung des Bergbaus hinausgehende infrastrukturelle Aufgaben ist eine entsprechende Kostenbeteiligung der verantwortlichen Behörden erforderlich. Auch eine gemeinsame Unterbringung von Bergeabraum, Industrierückständen und Müll läßt sich nur in Einzelfällen realisieren, einmal wegen der ver- schiedenen Materialeigenschaften und zum anderen, weil der Bergbau zeit- weise beträchtlichen Bedarf an Versatzmaterial zur Verfüllung seiner un- terirdischen Hohlräume hat und dann auf die Bergehalden zurückgreifen muß.

Die spätere Wiederverwendung von Bergematerial stellt ohnehin ein be- sonderes Problem dar. So wurden Halden, die nach Jahrzehnten endlich ein- gegrünt waren, ganz oder teilweise wieder abgetragen, weil das Material sich als Schüttgut für Verkehrsbänder eignete und entsprechend veräußert wurde. Begehrt war und ist vor allem das durch Schwelbrände entstandene ziegelgrusartige Material von Schiefertongebirgen.

Schwierigkeiten hinsichtlich der Relief- und Formgebung ergaben sich zudem daraus, daß vorgesehene Aufhaldungen plötzlich vorzeitig eingestellt wer- den mußten, etwa infolge einer Zechenstilllegung; für solche Fälle ist vor- sorglich bei Planung und Betrieb einer Aufhaldung zu berücksichtigen, daß dann wenigstens geschlossene Abschnitte vorhanden sind, die eine land- schaftsgerechte Gestaltung der Halde ermöglichen; zu denken wäre hier je- doch auch an eine Restaufhaldung bzw. Ergänzung durch Industrie- oder Hausmüll (PETSCH, 1974).

Was Größe, Relief und Form der Kippen und Halden bei der Ablagerung von Trümmerschutt sowie von Industrie- und Hausmüll betrifft, waren und sind hier primär die zur Verfügung stehenden Deponieflächen bedeutsam. Wegen des Grundstückswertes in urbanen Gebieten und an der Peripherie bestand daher auch hier der Zwang, ein möglichst großes Volumen auf relativ kleinen Grundflächen unterzubringen. Besonders begehrt waren aus dieser Sicht seinerzeit künstliche, durch Abgrabungen entstandene Hohlräume, als deren ökologisch ausgerichtete Folgenutzungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten noch nicht so bekannt waren. Ähnliches galt im übrigen auch für natürliche Geländedepressionen, deren Wert als Feuchtökotope mit seltener Flora und Fauna erst in den letzten Jahren ins Bewußtsein gerückt ist. Dabei beschränkte sich die Deponie oft nicht auf sogenannte Flurkippen, mit denen das ursprüngliche bzw. benachbarte Geländeniveau in etwa hergestellt wurde; es entstanden vielmehr meist völlig reliefumgestaltende Hochkippen. Neben dem dominierenden Ziel der maximalen Massenunterbringung unter technischen Gesichtspunkten der Standsicherheit fanden erst nach und nach Aspekte der Landschaftsgestaltung und -ästhetik sowie Vorstellungen über eine optimale, den Anforderungen des jeweiligen Verdichtungsgebietes rechnungstragende Folgenutzung Beachtung (vgl. dazu: OLSCHOWY, 1978).

Als Beispiel für diese Bild und Funktion der Landschaft berücksichtigende Entwicklung sei hier die Zentraldeponie Emscherbruch bei Gelsenkirchen genannt, für die der Landschaftsplan eine langgestreckte Hügelform mit zwei unterschiedlich hohen Scheitelpunkten - also keine Tafelbergform - und mit zum Teil sehr flach geneigten Hängen vorsieht (BEYER, SCHENKEL und Mitarbeiter, 1972).

Im Zusammenhang mit dem durch Deponien umgestalteten Relief soll wenigstens ganz kurz auf eine mögliche, gerade in Stadtlandschaften wichtige lokal- bzw. mesoklimatische Veränderungen hingewiesen werden, zu deren genauer Erfassung es allerdings eines aufwendigen meteorologischen Meßnetzes bedarf. Vor allem im Flachland hat die durch Halden und Hochkippen verstärkte Rauigkeit Einfluß auf die Windverhältnisse und damit u.a. auf die Niederschlagsverteilung und die Depositionsbedingungen von Luftverunreinigungen. Hochkippen und Halden sind ihrerseits dem Einfluß des Windes besonders ausgesetzt, vor allem am Plateaurand. Dies ist bei Begrünungsmaßnahmen zu beachten. Auch auf die Exposition muß in diesem Zusammenhang Rücksicht genommen werden.

### 3. Materialeigenschaften und ihre Konsequenzen für eine geordnete Deponie

Die Materialien, die zur Ablagerung gelangen, haben z.T. sehr verschiedene Eigenschaften, die sich unter dem Einfluß der Luftzufuhr, der Durchfeuch-

tung mit Sickerwasser und im gegenseitigen Kontakt bei etwaiger Vermischung in mechanisch-physikalischer, physikochemischer, chemischer und biochemischer Hinsicht noch wesentlich ändern können. Die Wirkungen der Materialeigenschaften und deren Veränderungen auf Standfestigkeit und Stabilität der Böschungen wurde schon erwähnt. Von weiterer Bedeutung für die endgültige Konsolidierung einer Deponie und die Dauer dieses Vorganges sind:

- mechanische Sackungen aufgrund der Ausgangslagerungsdichte, der Korngrößen- und Mineralzusammensetzung,
- Volumenreduzierung durch Rotte und Entgasung in Verbindung mit den Gehalten an abbaubaren organischen Substanzen (unter den Bedingungen aerober, hauptsächlich aber anaerober mikrobieller Zersetzung),
- Substanzverluste durch Auslaugung und Schwelbrände.

Damit werden bereits auch mögliche Wirkungen von Deponien auf die Umgebung angesprochen und spezifische Probleme für die Begrünung und Bepflanzung als wichtige Voraussetzung für die Reintegration in die Stadtlandschaft genannt. Die wichtigsten Angaben hierzu sind auf Tafel 1 zusammengestellt.

Die Bodenentwicklung schreitet in der Regel beim Bodenaushub als Deponie- oder Andeckmaterial am schnellsten voran. Sie ist allochthon von den ursprünglichen Bodentypen mehr oder weniger vorgegeben. Alle gröberen Gesteine müssen jedoch erst eine Phase der Verwitterung durchlaufen und verharren daher relativ lange im Stadium des Rohbodens. Die Dauer hängt ab vom Zerrüttungsgrad der Gesteine, von der Intensität der örtlichen Verwitterungsprozesse (Niederschlag, Temperaturextreme) und gegebenenfalls von der Fremdstoffzufuhr. Bezüglich Kultivierungshilfen durch Zufuhr fremder Stoffe stellte man fest, daß basische Flugascheauflagen aus Kohlekraftwerken wegen ihrer Textur und ihres Gehaltes an Alkalien auf stark sauren karbonischen Schiefertönen Bodenreaktion, Austausch- und Nährstoffverhältnisse deutlich verbessern, das Bodenleben fördern und auf diese Weise zu einer schnelleren Bodenentwicklung beitragen können (vgl. dazu: KNABE, 1968b); das gilt selbst für die Kultivierung von Abraum aus ausgebrannten Schiefertönen, die als solche für die Bodenentwicklung an sich recht ungünstige Voraussetzungen bieten. So sehr sich basische Rückstände der Kohlenkraftwerke - vor allem feinkörnige - als Bodenverbesserer bei sauren Gesteinen eignen, bringen sie ohne Vermischung mit anderem Material wegen ihres dann oft zu hohen Basengehaltes einige Schwierigkeiten bei der Begrünung und Bepflanzung. Beim Abraum des Nichteisenbergbaus entscheidet

**Tafel 1:** Herkunft und Eigenschaften verschiedenen Deponiematerials, seine Wirkung auf die Umgebung und seine Eignung zur Begrünung und Bepflanzung (in Anlehnung an: SCHLÜTER, 1977; HEIDELOFF und MEIER, 1976, zit. bei SCHLÜTER, 1977)

Herkunft des Deponiematerials		Wichtigste Materialeigenschaften im Hinblick auf 3 und 4	Wirkungen auf die Umgebung	Eignung zur Begrünung und Bepflanzung
1		2	3	4
Bauschutt ----- Bodenaushub	Bausteine, Ziegel Beton, Bauholz  je nach den örtl. anstehenden Ge- steinen, Kultur- boden	überwiegend grobkörnig, meist alkalisch  Anteil der Kornfraktionen und pH nach den örtl. Gesteinseigen- schaften abhängig von der voran- gegangenen Nutzung	unbedeutend (Kalkauswa- schung) ----- in der Regel keine	bei ausreichendem Feinboden- anteil gut  in der Regel gut bis sehr gut geeignet zur Abdeckung von Deponien mit ungünstigeren Wuchsbedingungen
Abraum (Berge) des Steinkoh- lenbergbaus	Sand- bis Tonsteine Tonschiefer  Kohlereste, rote Tonschiefer	alle Körnungen (meist grob) mehr o. weniger sauer  Pyrit, Markasit → H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → sehr stark sauer; Schwelbrand- gefahr, nach dem Ausbrennen hydrophob	SO <sub>4</sub> -Auswaschung  Emission von SO <sub>2</sub> und an- deren Rauchgasen	Probleme aufgrund zu niedri- gen pH-Wertes  Vegetationsfeindlichkeit bei Schwelbrand, danach schwie- rig - Hydrophobie
Rückstände aus Kohlekraftwer- ken	Kesselschlacke und ----- asche  Flugstaub	grobkörnig  meist alka- lisch (Spuren- elemente)  Schluff- u. Ton- fraktion, hydrophob	Kalkauswaschung  ohne Abdeckung: Staub- emission	Schwierigkeiten wegen Alkali- tät ----- geeignet zur Melioration stark sauren Deponiematerials
Abraum (Berge) des Nichteisen- bergbaus	Gestein der jeweili- gen Lagerstätte (Erzreste)	grobkörnig; pH: verschieden; Schwermetalle	Auswaschung je nach Ton- gehalt und pH	Schwierigkeiten je nach Schwermetallgehalt
Rückstände der Eisenhütten- industrie	Hüttenschlacken ----- Flugstaub	meist grob- körnig  Schluff- und Tonfraktion z.T. hydrophob  pH: verschieden;  Schwermetall- gehalte	ohne Abdeckung: Staubemission Auswaschung	Schwierigkeiten je nach Schwermetallgehalt und Hydrophobie
Haumüll	organische Abfälle	nach Form, Größe, Gewicht und Zersetzungsfähigkeit sehr ver- schieden (Sommer/Winter)	Geruchsentwicklung, Ungezie- fer, Methanentwicklung, Grundwasserbelastung, wenn keine Sickerwasserbeherr- schung	abhängig vom Rottegrad, häufig stark unkrautwüchsig; Abwägung der Vor- gegen die Nachteile einer Bodenab- deckung



insbesondere der Gehalt an Schwermetallen und deren Löslichkeit über die Entwicklung und Eignung der Deponieoberfläche. Die Bodenbildung auf Mülldeponien hat ihre eigenen Gesetze, die von der Zusammensetzung der Abfälle, der Verdichtung beim Deponiebetrieb, den damit verknüpften Rotteprozessen und - im Falle einer Abdeckung mit Boden - von den Eigenschaften des Abdeckmaterials abhängen; hinsichtlich der Entwicklung der Mülldeponieoberfläche zu einem kultivierbaren Substrat ist auch die Frage der Beeinträchtigung späterer Bepflanzungen durch Deponiegase von Interesse; zu erwartende Entwicklungen - gerade auch im Zusammenhang mit der Frage, ob eine Abdeckung mit Boden stattfinden soll oder nicht - werden von NEUMANN (1971) dargestellt und sind auch von der LAGA (1979) berücksichtigt worden (zur Abwägung von Vor- und Nachteilen einer Abdeckung mit Boden siehe auch DEWEY und AHTING, 1981).

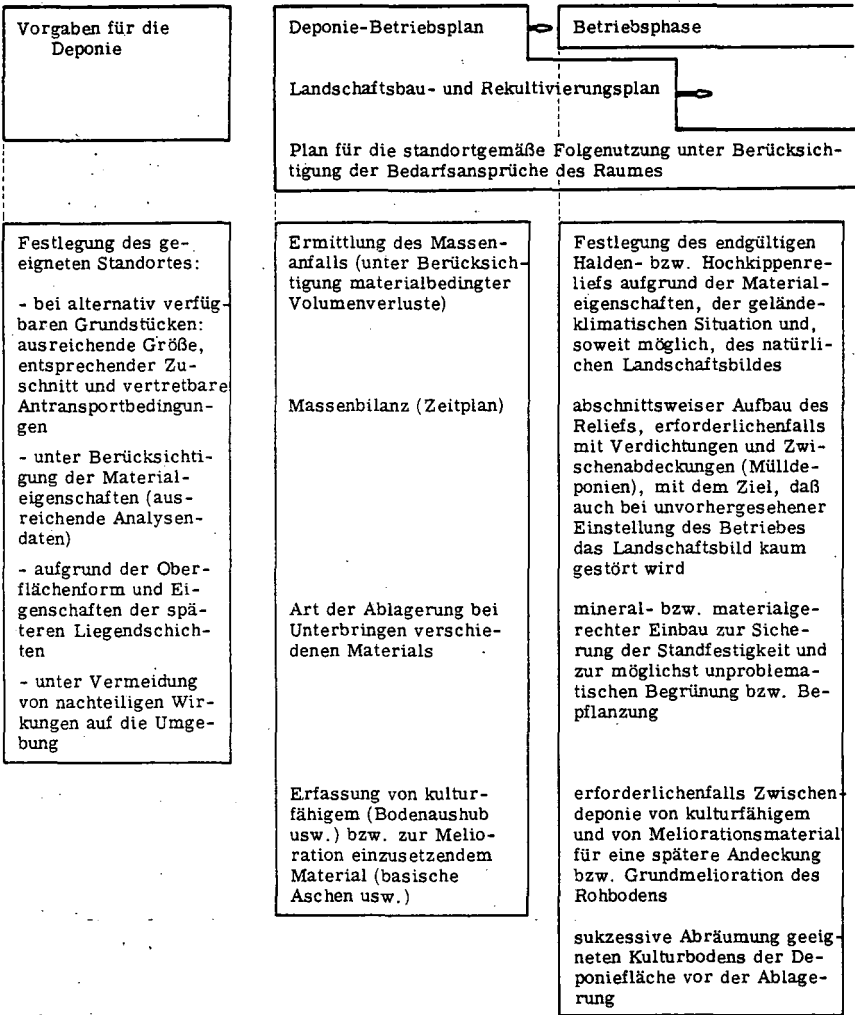
#### 4. Planung und Maßnahmen zur Integration in die Stadtlandschaft

Bei den älteren Deponien sind die Folgenutzungsmöglichkeiten sehr begrenzt. Falls es sich nicht um Material handelt, das ganz oder teilweise wiederverwendet und auf diese Weise abgetragen werden kann, und wenn keine benachbarten Grundstücke zur Erweiterung des Deponiegeländes zur Verfügung stehen, läßt sich das oft ungünstige Relief älterer Deponien kaum mehr verändern. Die Integration in die umgebende Stadtlandschaft beschränkt sich dann auf erforderliche Sanierungsmaßnahmen zur Eindämmung negativer Wirkungen, auf die Förderung der Bodenbildung und -fruchtbarkeit der Halden bzw. Hochkippenoberflächen, gegebenenfalls durch gefügebessernde mechanische und chemische Maßnahmen. Sofern sich bereits eine dichte Pflanzendecke natürlich bzw. durch Ansaat und Pflanzungen entwickelt hat, sind bei den in der Regel steilen Böschungen älterer Deponien jedoch Eingriffe zu vermeiden. Unter diesen Bedingungen kommen wirtschaftliche - forstliche - Nutzungsformen oder Freizeitanlagen ohnehin nicht in Frage. Es bleiben dann lediglich die Erhaltung und die Verbesserung von bereits vorhandenen ökologischen und ästhetischen Funktionen.

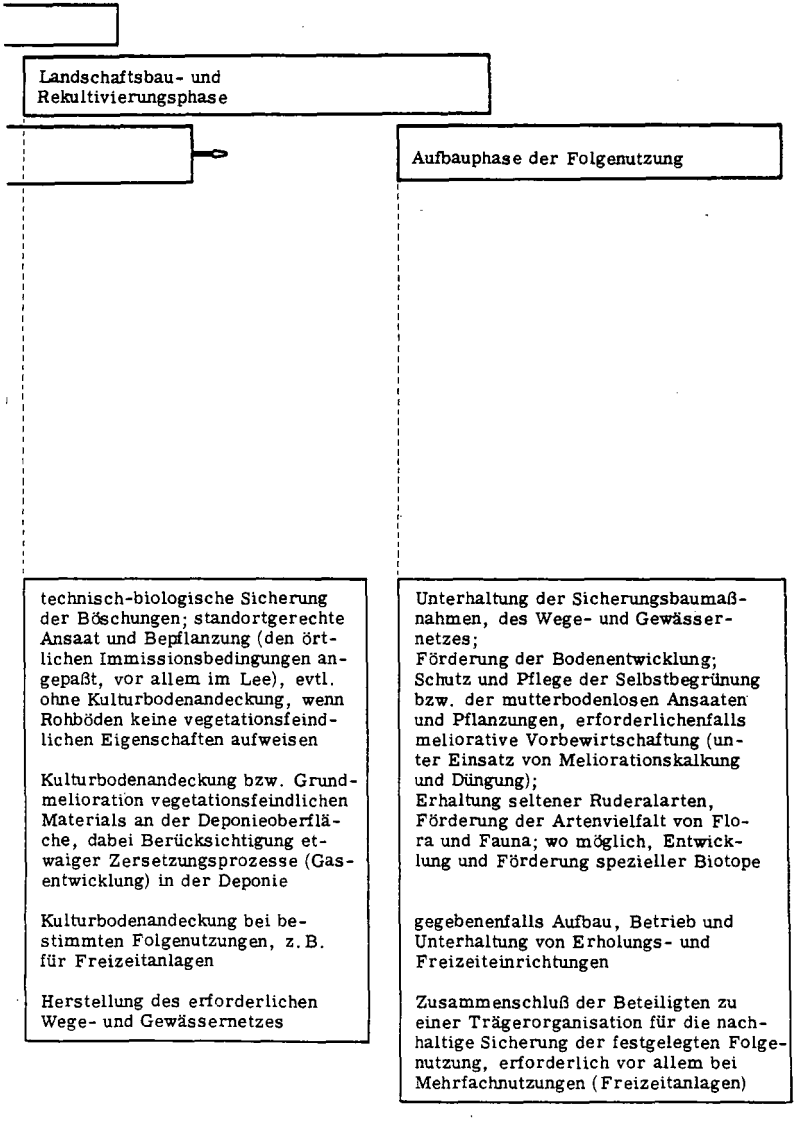
Befinden sich Deponien im urbanen Raum jedoch erst in der Planung oder in einem frühen, noch flexiblen Betriebsstadium, dann sollten reale Maßnahmen der Landschaftsgestaltung, d.h. des Landschaftsbaus und der Rekultivierung mit dem Ziel einer den Ansprüchen der Stadtbewohner nahekommenden Folgenutzung berücksichtigt werden (vgl. DARMER, 1979, Bd.II). Ein allgemeines Ablaufschema, wie dieses zu erreichen ist, vermittelt Tafel II. Von besonderer Bedeutung ist dabei, daß im Planungsbereich die Landschaftsbau- und Rekultivierungsplanung sowie die Folgenutzungsplanung rechtzeitig, nämlich zusammen mit der Deponie-Betriebsplanung beginnen und auch noch die

**Tafel 2: Verknüpfung von Betrieb, Landschaftsbau- und Rekultivierungsmaßnahmen sowie**

**Ziel (in dem hier dargestellten Beispiel):  
Erweiterung der urbanen Grünflächen, Erholungs- und Freizeitangebote**



angestrebter Folgenutzung von Deponien



Betriebsphase bzw. die Landschaftsbau- und Rekultivierungsphase begleiten. Die Rekultivierung und die eindeutig festzulegende Folgenutzung sollen nämlich nicht bloße Anhängsel des Deponiebetriebes sein, sondern nahezu gleichrangige Zielgrößen, deren Planungsbereiche sich wechselseitig beeinflussen und ergänzen müssen. Dazu ist auch erforderlich, daß in die Rekultivierungs- bzw. in die Folgenutzungsplanung während des Betriebs bzw. der Rekultivierung gewonnene Erkenntnisse Eingang finden können. Man muß sich dabei allerdings darüber im klaren sein, daß hier z.T. widerstrebende, in jedem Fall aber verschiedene Anforderungen und Interessen aufeinanderstoßen und irgendwie aufeinander abzustimmen sind. Eine noch vor Beendigung der Betriebsphase zügig beginnende Rekultivierung und ein vor Abschluß der Rekultivierung einsetzender Aufbau der Folgenutzung sollen vorübergehende negative Wirkungen während des Deponiebetriebes in Grenzen halten.

Erst das Zusammenspiel von Planung und Ausführung gewährleistet eine standortgerechte und nachhaltige Reintegration einer Deponie in die umgebende Kulturlandschaft.

#### Literaturverzeichnis

- BEYER, W., W. SCHENKEL und Mitarbeiter, 1972: Geordnete Ablagerung von Abfallstoffen. - Garten und Landschaft, 1972, S. 500-503, München.
- BEYERLE, B., 1971: Zur Eingliederung von Baugrubenaushub in die Landschaft.- Natur und Landschaft, 46. Jg., S. 150-152, Stuttgart.
- DARMER, G., 1979: Landschaft und Tagebau, Bd. I, Ökologische Leitbilder für die Rekultivierung, 3. Aufl., 1979; Bd. II, Planerische Leitbilder und Modelle zur Rekultivierung, 1. Aufl., 1979, Berlin-Hannover.
- DEWEY, W.J. und D. AHTING, 1981: Grundwasserschutz und Basisabdichtungen/ Landschaftsgestaltung und Rekultivierung; aus: Wasser- und Abfallwirtschaft in Nordrhein-Westfalen, Jahreshaft 1980/81; Hrsg.: Min.f. Ernähr. Landw. u. Forsten des Landes NW.
- KNABE, W., 1968a: Gliederungsmöglichkeiten und Beschreibung der Bergehaldden; in: Haldenbegrünung im Ruhrgebiet: Schriftenreihe Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Nr. 22, Essen, S. 18-33.
- KNABE, W., 1968b: Bodeneigenschaften; in: wie vor, S. 54-75.
- LAGA, 1979: Merkblatt: "Die geordnete Ablagerung von Abfällen"; aufgestellt im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall unter Mitarbeit des Umweltbundesamtes und des Verbandes Kommunaler Stadteinigungsbetriebe.- in: KUMPF/MAAS/STRAUM, Müll- und Abfallbeseitigung, Kennziffer 4690; 55. Lieferung, I/80; Berlin.
- NEUFANG, H., 1974: Die Haldenwirtschaft des Steinkohlenbergbaues und ihre Bedeutung für die regionalplanerischen und landschaftsgestalterischen Aufgaben des Siedlungsverbandes Ruhrkohlenbezirk.-

- in: Grüne Halden im Ruhrgebiet;  
Hrsg.: Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Essen, 1974, S.11-12.
- NEUMANN, U., 1971: Möglichkeiten der Rekultivierung von Mülldeponien.-  
Landschaft und Stadt, Bd.3, H.4, S.145-150, Stuttgart.
- OLSCHOWY, G., 1978: Bergbau und Landschaft.-  
in: Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland,  
1.Aufl., 1978, Hamburg und Berlin, S.461-474.
- PETSCH, G., 1974: Die Halden des Ruhrgebietes, ihre Begrünung und land-  
schaftliche Eingliederung als Maßnahmen zur Verbesserung der Um-  
weltverhältnisse im Verdichtungsraum.-  
in: Grüne Halden im Ruhrgebiet;  
Hrsg.: Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Essen, 1974, S.201-223.
- SCHLÜTER, U., 1977: Landschaftsbaumaßnahmen zur Eingliederung von De-  
ponien in die Landschaft.-  
in: Ingenieurbiologische Maßnahmen bei Rekultivierungsverfahren  
(Vorträge anlässlich des XX. Seminars des Bundes Deutscher Land-  
schaftsarchitekten, BDLA 20) Verlag Callwey, München, S. 27-34.

The Various Types of Waste Disposal Sites  
Problems Concerning their Recultivation and  
Integration into an Urban Landscape

The term waste disposal sites is used to describe disposal tracts for all different kinds of substances encountered in industrial and commercial modes of production as well as for the wastes arising from the process of the consumption of goods. It has always most expedient to dispose of these substances near their source. Even today this is the most preferred solution. Special problems concerning the integration of such sites into the urban landscape have emerged as a result of the situation facing those urban areas in particular, which are thickly settled by industries that heavily employed raw materials. These problems arise predominantly as a result of the form of the waste disposal site and as a consequence of its material characteristics. The form and the contour of the dumps and of the different types of landfills influence the shape of the landscape and the local climate. Effects on the environments (washing out, carrying of, dust emission) occur as a result of the material characteristics of the waste disposal site (soil material, rubble, rubbish over a mineral deposit and so-called slag-heaps, industrial by-products, domestic wastes). They have an influence upon the consolidation of the waste disposal site (stability, subsidence, extraction, aerobic decomposition, degasification, smouldering fires). They are decisive as concerns the limits and feasibility of plantings and cultivation. Certain pre-requisites derive from these considerations as to the form construction of the site should take, in order to insure against harmful effects on the environment and as to soil-improvement

measures for preparation of construction with living plant materials. If these requirements are fulfilled and if the purpose for which the society will later put the site to use are taken into consideration as well, then waste disposal sites can play an essential role in the constructive shaping of the environment and thereby in the improvement of the living conditions of urban areas.

BODENKUNDE UND REKULTIVIERUNG

von  
Z. STRZYSZCZ<sup>1)</sup>

Problemstellung

Bei der Rekultivierung der Halden im Oberschlesischen Bergbaugebiet, die überwiegend aus Schiefertonen bestehen, können die bodenbildenden Prozesse von Beginn an studiert werden und zwar die Initialstadien der Bodenbildung und deren Geschwindigkeit, Intensität der Humusbildung, Verwitterung der Gesteine und Mineralien und die Bildung sowie der Transport von gelösten Stoffen mit der Bodenlösung.

Material und Methoden

Um einige der oben erwähnten Probleme zu klären, haben wir auf der Zentraldeponie "Smolnica" in Oberschlesien seit 1972 einige Untersuchungen durchgeführt. Die Deponie ist 55 ha groß. 98 % des Abraumes haben eine Körnung zwischen 10 und 200 mm. Petrographisch besteht das Material zu 70-75% aus Schiefertonen, zu 20-25% aus Schieferschuffen, und zu 5% aus Sandstein. Zur mineralogischen und chemischen Zusammensetzung siehe bei ALDAG und STRZYSZCZ (1980) und bei STRZYSZCZ (1978).

Auf einer Fläche von 5 ha sind Ende 1979 sechs Bodenprofile angelegt worden, deren Alter und Profilgliederung aus Tabelle 1 zu ersehen ist.

Wassergehaltsbestimmung: gravimetrisch mit verschiedenen großen

Stechzylindern,

pH-Bestimmung: elektrometrisch mit Glaselektrode, Verhältnis Boden-

Wasser: 1:2,5

Gipsbestimmung: im Wasserauszug 1:5, und Subtraktion der Na-, K- und Mg-Sulfate.

Ergebnisse

An dem Profil I (siehe Tab. 1) sind zwei Horizonte zu beobachten. Sie unterscheiden sich lediglich durch die Farbe. Der Horizont 0-3 cm war wegen der geringeren Feuchte heller.

---

<sup>1)</sup> Institut of Environmental Engineering, Polish Academy Of Sciences,  
41 000 Zabrze, Curie-Sklodoskiej 34

Tabelle 1: Physikalische und chemische Eigenschaften des Haldenmaterials der Deponie "Smolnica"

Bodenprofil	Tiefe der Probenahme (cm)	Alter des Haldenmaterials	Wassergehalt %		Bindigkeit kg/cm <sup>2</sup>		Korngröße (%)			pH (H <sub>2</sub> O)	Gipsgehalt mg/100g
			6.11.	21.11.	6.11.	21.11.	> 2 mm	2-1 mm	< 1 mm		
I	0 - 3 3-70	2 Wochen	-	-	-	-	-	-	-	7.1	-
			-	-	-	-	-	-	-	7.2	-
II	0 - 3G 3 - 20 20 - 70	7 Monate	-	-	-	-	81.7	11.2	7.1	5.1	9.2
			9.19	3,20	0.75	3.80	52.5	20.3	27.1	6.0	2.0
			-	-	-	-	-	-	-	6.7	0.0
III	0 - 0.7 0.7-1 K 1 - 35 35 - 70	2 Jahre	-	-	-	-	69.5	19.7	10.8	3.0	-
			10.7	4.3	2.08	6.0	38.8	24.4	36.8	3.3	-
			-	-	-	-	-	-	-	3.7	-
			-	-	-	-	-	-	-	5.3	-
IV	0 - 1 G 1 - 2 K 2 - 20 20 - 85	3 Jahre	-	-	-	-	76.7	15.2	8.1	3.7	-
			12.15	3.9	3.33	8.3	38.6	19.9	41.5	3.3	-
			-	-	-	-	-	-	-	4.0	-
			-	-	-	-	-	-	-	6.0	-
V	0 - 1 G 1 - 3 K 3 - 30 30-50 50-65 65-100	5 Jahre	-	-	-	-	71.6	15.1	13.3	3.7	9.4
			13.65	4.15	5.32	10.1	21.5	21.7	56.8	3.0	3.4
			-	-	-	-	-	-	-	2.4	28.9
			-	-	-	-	-	-	-	3.5	72.3
			-	-	-	-	-	-	-	5.2	38.0
			-	-	-	-	-	-	-	4.0	49.7
VI	0 - 1 G 1- 3 K 3 - 6 6 - 35 35-65 65 - 100	8 Jahre	-	-	-	-	89.5	8.2	2.3	4.4	14.5
			9.6	2.1	14.16	23.2	15.7	17.9	66.4	4.8	11.1
			-	-	-	-	-	-	-	3.9	7.1
			-	-	-	-	-	-	-	2.8	88.2
			-	-	-	-	-	-	-	5.4	64.3
			-	-	-	-	-	-	-	5.6	52.4
			-	-	-	-	-	-	-	-	-



Nach 7 Monaten Ablagerungszeit waren im Profil II bereits 3 Horizonte zu unterscheiden. Die obersten 3 cm bestehen weitgehend aus Grus (G), der zweite Horizont überwiegend aus Steinen.

Die Differenzierung nimmt mit zunehmendem Alter des abgelagerten Haldenmaterials zu (siehe Profile III, IV, V und VI). Die Grussschicht nimmt ab, aber darunter bildet sich eine Kruste (K), in der der Anteil der Kornfraktion  $< 1$  mm kontinuierlich zunimmt.

Die untersuchten Profile unterscheiden sich auch in der Farbe (nicht in der Tabelle dargestellt.) Während die jungen Profile hell bis dunkelgrau (7,5 YR 7/0 - 3/0) gefärbt sind, kommen in den älteren Profilen hellbraune bis dunkelbraune Flecken vor. Die Ursachen hierfür sind in der Verwitterung des Pyrits zu sehen, die auch für die Veränderung der pH-Werte verantwortlich ist.

Bei hohen Anteilen von Ca-Ionen in der Lösung kann es zur Gipsbildung kommen.

Der hohe Anteil von Na- und Mg-Ionen in den Schiefertönen trägt zur Peptisierung des Tones und somit ursächlich zur Krustenbildung bei.

### Schlußfolgerungen

Nach den bisherigen Untersuchungen lassen sich mindestens zwei abiotische Prozesse ableiten:

- a) Umwandlungsprozesse einzelner Schichten in situ,
- b) Umlagerungsprozesse.

#### a) Umwandlungsprozesse

1. Bodensenkung und Erhöhung der Bindigkeit in einzelnen Schichten,
2. Physikalische Desintegrierung,
3. Bildung von Feinboden aus Grus, Steinen und Blöcken,
4. Oberflächige Rubefizierung,
5. Umwandlung des Pyrits,
6. Bildung neuer Salze,
7. Verwitterung unter dem Einfluß von Schwefelsäure.

#### b) Umlagerungsprozesse

1. Krustenbildung auf der Oberfläche,
2. Migration der Salze in der Haldenmasse,
3. Auswaschung der Salze aus der Halde heraus,
4. Migration verschiedener Eisenverbindungen,
5. Oberflächige Erosion und Ablagerung des verwitterten Materials,
6. Vertikale Migration des Feinbodens im Profil.

### Literatur

- ALDAG, R.W. und STRZYSZCZ, Z.: Inorganic and organic nitrogen compounds in carbonaceous Phyllosilicates on spoils with regard to forest reclamation.  
Reclamation Review, 3, 69-73 (1980).
- STRZYSZCZ, Z.: Changes in the chemistry of carboniferous Formation from the aspect of biological recultivation and utilization of central waste dumps.  
Prace i Studia, 19, 116 p. Wroclaw 1978, Ed. Ossolineum, in polish.

### Soil Science and Reclamation

Problems of soil science which occur in communities of large cities belong to questions of salt enrichment by spraying salts and to the influence of gas- and dust immision on soils. Also the reclamation of spoils and heaps of different origin is involved.

The above mentioned questions especially apply to large industrial areas like the industrial region in Upper Silesia or the Ruhr area.

For Soil genetics the so called beginning stage during the process of soil development is of special interest. During reclamation studies the beginning stage of different soil forming processes cannot only be observed but also exactly measured and characterized.

Also processes of biotic and abiotic origin can be looked upon. The second difficult question during soil formation is the speed of basic processes during soil development. These processes do change their speed, their intensity and their character during soil formation.

Those processes which can be observed for an already developed soil type do have quite an other character and intensity than those which follow soil formation from parent material on.

An other advantage of studying soil formation and weathering processes during reclamation of spoils is that these processes can empirically looked upon, which do not take place any more in developed soils (e.g.: desalting, decalcification).

PROBLEME DER VEGETATIONSBEGRÜNUNG AUF MERGELHALDEN  
DES KOHLENBERGWERKES PLEVLJA

von  
VERA AVDALOVIĆ und EMILIJA VUKIĆEVIĆ<sup>+</sup>)

Einleitung

Durch Erweiterung alter und Errichtung neuer Bergwerke entstehen oft Halden mit Stoffen, die fruchtbare Böden überdecken und deren natürliche Vegetation zerstören, also die Umwelt des Menschen gefährden. Das gilt auch für ein Kohlenbergwerk in unmittelbarer Nähe der Stadt Plevlja. Auf dem mit Kohlestücken vermischtem Gesteinsmaterial der Halden ist die Vegetationsbegründung schwierig. Ein ökologisch erfolgreiches und ökonomisch tragbares Verfahren erfordert die Kenntnis der Standortbedingungen, der Eigenschaften des Gesteinsmaterials und der Kohle sowie der Pioniervegetation auf den Halden. Über entsprechende Untersuchungen wird hier berichtet.

Umweltbedingungen

Das Kohlenbergwerk befindet sich im Plevlja-Becken, dessen Untergrund aus weißgrauen neogenen Mergel- mit eingeschalteten Ton-, Kohlen-, Torf-, Sand- oder Kies-Schichten besteht und das im Jungtertiär ein See war.

Das Klima von Plevlja (783 m ü.M.) ist submontan, semihumid (Typ B<sub>1</sub> nach Thornthwaite) mit 60 % der Niederschläge in der Vegetationszeit und gemäßigt kontinental.

In der unmittelbaren Umgebung des Bergwerkes waren Rendzinen, verbraunte Rendzinen und Braunerden (Rendzina, calcic Cambisol der FAO-UNESCO-Klassifikation) verbreitet, die jetzt mit Mergelhalden bedeckt sind.

Nach den Untersuchungen von Popčetović (1974) waren hier einst ausgedehnte Wälder vom Typ Quercetum roboris montanum (Stf 1980). Noch heute findet man im Becken Stieleichen mit riesengroßen Stämmen. Auf den Halden aber herrschen Ruderalgesellschaften.

---

<sup>+</sup>) Forstfakultät Beograd, Jugoslawien

### Eigenschaften von Mergel, Kohlenstaub und Mergel/Kohle-Gemischen

Die Mergelhalde bestehen aus mehr oder weniger frischem Gesteinsmaterial, das 75-82 %  $\text{CaCO}_3$ , 2.4-3.7 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1.3-2.6 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  und 0.6-1.2 %  $\text{MgO}$  enthält, einen tonigen Lösungsrückstand und ein Ca:Mg-Verhältnis von etwa 40 hat (gegenüber 4-7 in Pflanzen!).

Infolge der hohen  $\text{CaCO}_3$ -Gehalte und pH-Werte verläuft die Pedogenese hier sehr langsam. Sie bleibt um so länger auf der Stufe der Regosole, je härter und je "reiner" das Mergelgestein ist. Diese Böden sind sehr ungünstige Pflanzenstandorte. Sie werden noch verschlechtert, wenn durch Kalklösung und -fällung eine oberflächennahe Zementierung stattgefunden hat und die Durchwurzelung begrenzt (wie in Deliblatska Peštara von Antić et al., 1969, festgestellt wurde). Sehr viel günstiger sind die aus verwitterten Mergeln entstandenen Böden und am günstigsten diejenigen, in denen der Mergel durch Windumlagerung, beim Abbau oder meliorativ mit Kohle(nstaub) vermischt wurde. Das geht aus folgenden Daten für Porenvolumen, Luft- und Wasserkapazität (PV, LK, WK in Vol %) N-Gehalt (‰) und pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) hervor:

	PV	LK	WK	N	pH
Mergel	61	31	30	0.3	7.7
+ Kohle (3:1)	65	40	25	5.3	6.9

Daß Kohlenstaub die Standortseigenschaften von Mergelböden verbessert, ist seit mehr als 100 Jahren bekannt und wurde durch Labor- und Feldversuche bestätigt (siehe Vouk, 1928 und Krištof, 1956). Die Verbesserung kann zurückgeführt werden einerseits auf die Stickstoff-Zufuhr und andererseits auf eine "Wuchsstimulation" durch Huminsäuren. Der Kohlenstaub ist außer durch seinen N-Gehalt gekennzeichnet durch 70 % organ. Subst., pH 6.1 ( $\text{H}_2\text{O}$ , 5.6 in KCl), KAK 62.2 mval/100 g mit V=78%.

### Vegetation auf den kohlenstaubbedeckten Halden

Die Halden unterscheiden sich in Mikrorelief und Alter. Allgemein sind nach Kojić et al. (1972) Initialphasen von Gesellschaften vertreten, die zu den Klassen Chenopodietea Br.-Bl. 1952 und Plantaginetea Tx. et Prsg. 1950 gehören. An Südhängen und auf jüngeren Halden sind Artenzahl und Deckungsgrad geringer als an Nordhängen, auf Plateaus und älteren Halden. Auf Halden unterschiedlichen Alters wurden auf Grund von phytocoenologischen Untersuchungen nach der Methode von Braun-Blanquet folgende Pflanzen nach ihrem Anwesenheitsgrad verzeichnet:

1-2 Jahre: V Chenopodium album L.

IV Polygonum aviculare L, Sonchus asper (L.) Hill

III Poa auuan L

- ca. 5 Jahre: V *Chenopodium album* L, *Sonchus asper* (L.) Hill  
IV *Polygonum aviculare* L, *Carduus nutans* L, *Reseda lutea* L,  
*Taraxacum officinale* Web  
III *Anchusa officinalis*, *Verbena officinalis* L, *Tussilago*  
*farfara* L  
II *Melilotus officinalis* (L.) Desr.
- ca. 10 Jahre: V *Tussilago farfara*  
IV *Plantago lanceolata* L, *Prunella vulgaris* L, *Trifolium*  
*pratense* L, *Tr. repens* L, *Verbascum phlomoides*  
III *Achillea millefolium* L, *Cynodon dactylon* (L) Pers,  
*Linea vulgaris* Hill, *Potentilla reptans* L, *Poa compressa* L,  
*Ajuga reptans*  
II *Polygonum ariculare* L, *Sonchus asper* (L) Hill, *Lolium*  
*perenne* L, *Ononis spinosa*, *Melilotus officinalis* (L) Desr  
II *Juniperus communis*, *Salix caprea*

Auf den ca. 5-jährigen Halden wuchsen die mehrjährigen Pflanzen noch mosaikartig in Gruppen, auf den älteren wurde die Oberfläche ganz bedeckt und war das Substrat intensiv von Wurzeln und Rhizomen durchzogen.

#### Intensivierung der Sukzession durch Pflanzenwahl

Auf Grund der durch Laborversuche (Velašević et al., 1975) bestätigten Feldbeobachtungen werden für eine schnelle Vegetationsbegründung auf diesen Halden folgende Arten vorgeschlagen:

- a) Gräser und Kräuter: *Bromus inermis* Leyss, *Dactylis glomerata* L,  
*Festuca rubra* L, *Lotus corniculatus* L, *Melilotus albus* Medic., *Ononis*  
*spinosa* L, *Trifolium pratense* L, *Tr. repens* L., *Medicago sativa* L.;
- b) Sträucher und Bäume: *Juniperus communis* L., *J. sabina* L., *Pinus mugo*  
*Turr.*, *P. nigra* Arn., *Betula verrucosa* Ehrh., *Cytisus hirsutus* L,  
*C. supinus* (L) link., *Caragana arborescens* Lam., *Petteria ramantacea*  
(Sieb.) Presl., *Populus tremula* L., *Robinia pseudacacia* L., *Salix*  
*caprea*.

#### Zusammenfassung

Es wurden die Umweltbedingungen, die Eigenschaften von Mergel, Kohlenstaub und Mergel/Kohle-Gemischen sowie die Pioniervegetation auf den Halden des Kohlenbergwerkes Plevlja untersucht. Durch Auswahl geeigneter Pflanzen kann die natürliche Vegetationssukzession auf den mit Kohlestaub bedeckten Mergelhalden unterstützt und damit die Bildung einer geschlossenen Pflanzendecke beschleunigt werden. Damit wird ein Beitrag zum Schutz und zur Gestaltung der Umwelt des Menschen geleistet.

Literatur

- ANTIĆ, M., AVDALOVIĆ, V., JOVIĆ, N. (1969): Evolucija, genetička povezanost i ekološka vrednost pojedinih vrsta peskova Deliblatske peščare. Zbornik radova I. Beograd.
- KOJIĆ et al. (1972): Korovi. Prir. mat. fak. Novi Sad.
- KRIŠTOF, S. (1956): Fertilizaciono dejstvo naših ugljeva. Doktorska disertacija. Polj. fak. Beograd.
- POPČETOVIĆ, R. (1974): Novo nalazište brdskog lužnjaka (*Quercus Robur* L. ssp. *montana* Jovan.) u Crnoj Gori. Sumarstvo br. 5, Beograd.
- VELAŠEVIĆ, V. et al. (1975): Projekt za rekultivaciju jalovišta "Potrlica".
- VOUK, V. (1931): Kohle und Pflanzenwachstum. Wien.

Establishment of Vegetation on Marly Deposits from  
the Coal Mine Pljevlja

Shallow pararendzinas developed from tertiary marls (76-82%  $\text{CaCO}_3$ , 2.4-3.7%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 1.3-2.6%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0.6-1.2%  $\text{MgO}$ ) predominate around the coal mine Pljevlja.

The vegetation of Syrosemes on these deposits consists of initial phases of associations belonging to the classes Chenopodietes Br. Bl. and Plantaginett. a majorisTx. et Prsg. on marls covered with aeolian coal duste. Number of species and density of vegetation increased with the age of the deposits.

The coal dust improved the soil structure and, therefore, the water and air regime, prevented the cementation of the marl, increased the cation exchange capacity as well as the content of plant nutrients (especially N) and decreased the pH. Ameliorative effects of the coal dust were detected earlier in field experiments.

From these observations proposals are derived concerning the selection of plants for a faster establishment of the vegetation cover on the deposits.

UNTERSUCHUNGEN ZUM WASSERHAUSHALT EINER DEPONIEABDECKSCHICHT

von

TH. SCHRIEFER und G. WEIDEMANN<sup>+</sup>)

**EINLEITUNG**

Sickerwässer aus Hausmüll- und anderen Abfalldeponien stellen eine schwer kalkulierbare und langfristig wirksame Gefährdung der näheren und weiteren Umgebung derartiger Deponien dar. Als Bilanzwert werden Sickerwassermengen bei im Betrieb befindlichen Deponien in der Größenordnung von 20 bis 40 % des Jahresniederschlags angesehen (KNOCH, 1976). Die hierin gelösten Schadstoffe füllen lange Listen (z.B. GOLWER et al., 1976, HANTGE, 1975, KNOCH, 1974). Ein wesentliches Ziel von Rekultivierungsmaßnahmen ist es daher, durch geeignete Abdeckung und Begrünung die niederschlagsabhängigen Sickerwassermengen zu reduzieren (NEUMANN & VAN OUYEN, 1979).

BRECHTEL (1978) hat Überlegungen zur Steuerung des Wasserhaushalts von Deponien angestellt. Er unterscheidet drei Möglichkeiten: 1. Totale Versiegelung der Deponie, so daß das Niederschlagswasser gar nicht mit der eigentlichen Deponie in Berührung kommt. Eine Rekultivierung und landschaftliche Integration - zweites Rekultivierungsziel - wäre dann jedoch unmöglich. 2. Verwendung einer begrünbaren Abdeckung, die unterhalb der Durchwurzelungszone eine die Tiefenversickerung verhin­dernde Sperrschicht enthält. Die Konsequenz dieser Version wäre, daß das auf der Deponie aufzubauende Ökosystem in seinem Wasserhaushalt völlig abhängig wäre von Höhe und jahreszeitlicher Verteilung der Niederschläge auf der einen Seite und der Grün­digkeit und Feldkapazität der Abdeckschicht andererseits. Als dritte, optimale Möglichkeit diskutiert er ausführlich den Anbau einer Vegetation, die durch ihre hohe Interzeptions- und Transpirationsverdunstung ein Überschreiten der Retentionskapazität verhindert und daher den Einbau einer speziellen Sperrschicht gegen Tiefenversickerung überflüssig macht.

---

<sup>+</sup>) Universität Bremen, FB 3 (Biologie/Chemie)  
Postfach 330 440, D-2800 Bremen 33  
FV "Rekultivierung von Mülldeponien"

Ob eine Vegetationsschicht den Deponie-Wasserhaushalt tatsächlich in dieser Weise beeinflussen kann, wurde bislang noch nicht geklärt (NEUMANN & VAN OYEN l.c.). BRECHTEL's Modellberechnungen hierzu gehen von der Annahme einer Bestockung mit Wald aus, ein unserer Meinung nach schwer realisierbarer Ansatz, da bis zur Erreichung dieses Zustandes Jahre, wenn nicht Jahrzehnte vergehen.

Wir haben daher in Bremen versucht, ein realistisches Experiment anzulegen, anhand dessen der Einfluß von Rekultivierungsmaßnahmen auf die Entwicklung des Wasserhaushalts einer Deponie-Abdeckschicht abzuschätzen ist. Wir gingen dabei von der Überlegung aus, daß Rekultivierung die Errichtung eines neuen Ökosystems bedeutet, bei dem abiotische und biotische Komponenten (Klima, Boden und Organismen) miteinander in Wechselbeziehung stehen und sich in ihrer Entwicklung beeinflussen (WEIDEMANN et al., 1981), die Entwicklung des Wasserhaushalts der Abdecksicht also ein Teilaspekt der gesamten ökologischen Sukzession ist.

#### UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN

Auf dem etwa 1 ha großen Plateau einer ehemaligen Bauschuttdeponie am NW-Rand Bremens wurden nach Planierung der Abdeckschicht im Winter 1979/80 zwei aneinandergrenzende Probeflächen angelegt. Während die eine sich selbst überlassen blieb (Sukzessionsfläche), wurde auf der anderen nach oberflächlichem Fräsen Mitte Juni 1980 eine für Rekultivierungszwecke empfohlene Grasmischung mit 3 % Beimengung von Hornklee (*Lotus corniculatus*) angesät (Rekultivierungsfläche).

Der Boden, ein lehmiger Sand, ist auf der ungefrästen Sukzessionsfläche infolge der Planierungsarbeiten stark verdichtet. Einige Bodenmerkmale sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Ausgewählte Bodenmerkmale (nach MÜLLER, unveröff.)

	Sukzession	Rekultivierung
Korngrößenverteilung		
Sand, S %	60 - 75	60 - 87
Schluff, U %	12 - 20	7 - 18
Ton, T %	10 - 16	6 - 22
org. Substanz %	3.1 - 4.7	1.9 - 3.9
Abschwerwiderstand M max. 0-10 cm m/kg(Schaffer 1959)	3.5 - 5.5	2 - 3.5
Infiltrationsrate mm/min DIN 19 682	0.03 - 0.16	0.26 - 0.86



Auf der Sukzessionsfläche stellte sich alsbald eine Ruderalvegetation ein, dominiert zunächst von Ackersenf (*Sinapis arvensis*), später von Steinklee (*Melilotus officinalis* und *M. alba*), die im Oktober 1980 bei einer Höhe von max. 80 cm einen Deckungsgrad von 90 % erreichte. Im Juni 1981 hatte der Rasen einen Deckungsgrad von 95 % erlangt mit einem Hornklee-Anteil von nahezu 90 %. Durch regelmäßiges Mähen konnte dieser hohe Anteil reduziert werden. Zur gleichen Zeit war der Steinklee-Bestand der Sukzessionsfläche auf 160-180 cm Höhe herangewachsen und hatte einen Deckungsgrad von 100 % erlangt (MÜLLER, unveröff.).

Die parallel untersuchte Bodenfauna entwickelte sich auf der Rekultivierungsfläche quantitativ viel schneller als auf der Sukzessionsfläche (KOEHLER, WEIDEMANN, unveröff.).

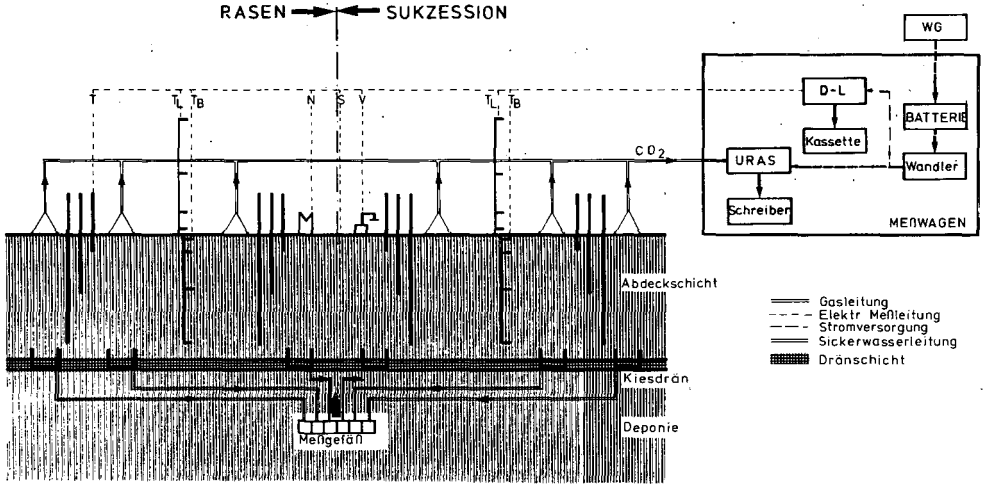
#### MESSFELD

Vor der Endplanierung und Ansaat des Rasens wurden auf den zukünftigen Vergleichsflächen in 1 m Tiefe je drei Lysimeter (Wannen, 90x90 cm) eingebaut, deren Abflüsse an einer gemeinsamen Meßstation zusammengeführt wurden. Das Meßfeld umfaßt ferner je Fläche 6 Tensiometer (nach BENECKE), eine Erweiterung ist im Aufbau, davon jeweils zwei in 25/30 cm, 45/50 cm und 85/90 cm Tiefe. Der Niederschlag wird mit einem Hellmann-Regenschreiber registriert, die potentielle Evaporation mit einem Verdunstungsmesser nach CZERATZKI. Der Meßplatz ist ferner mit einem Thermohydrographen in einer Wetterhütte und einem Windschreiber (1 m) ausgerüstet. In jeder Versuchsfläche wird außerdem ein Temperaturprofil (+200, +100, +30, +5, -1, -5, -30, -90 cm) gemessen. Die Meßwerte der Lysimeter, des Regenschreibers, der Thermofühler und des Verdunstungsmessers werden von einer zentralen Datenerfassungsanlage (Fa. Kameg, Bremen) kontinuierlich erfaßt und auf Kassette gespeichert (Abb. 1).

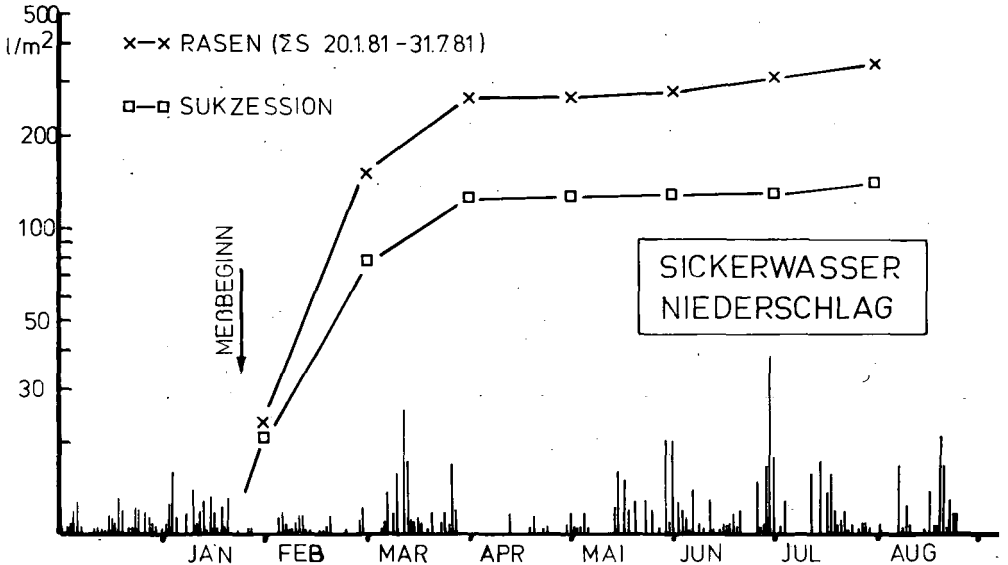
#### ERGEBNISSE

Die im folgenden dargestellten Ergebnisse aus dem Jahre 1981, dem 2. Sukzessionsjahr, haben vorläufigen Charakter. Sie sind noch nicht voll ausgewertet, können jedoch belegen, welche starke, zunächst unerwartete Veränderung im Wasserhaushalt bereits kurzfristig infolge von Rekultivierungsmaßnahmen auftreten. Abb. 2 zeigt den kumulativen Sickerwasseranfall von Januar bis Juli 1981.

Auf beiden Flächen ist zunächst bis Mitte April ein starkes Sickerwasserankommen festzustellen, das auf der rekultivierten Fläche mit  $200 \text{ l/m}^2$  ungefähr doppelt so hoch ist, als auf der Sukzessionsfläche. Den Sommer über



**Abb. 1:** Schematische Darstellung der Meßanordnung. D-L = Data-Logger, WG = Windgenerator, ( $CO_2$  Bodenatmungsmesser). Meßfühler: N = Niederschlag, S = Sickerwasser, T = Tensimeter,  $T_B$  = Temperatur Boden,  $T_L$  = Temperatur Luft, V = Verdunstungsmesser.



**Abb. 2:** Kumulativer Sickerwasseranfall und Niederschlagsereignisse Januar-Juli 1981. Rasen- und Sekzessionsfläche.

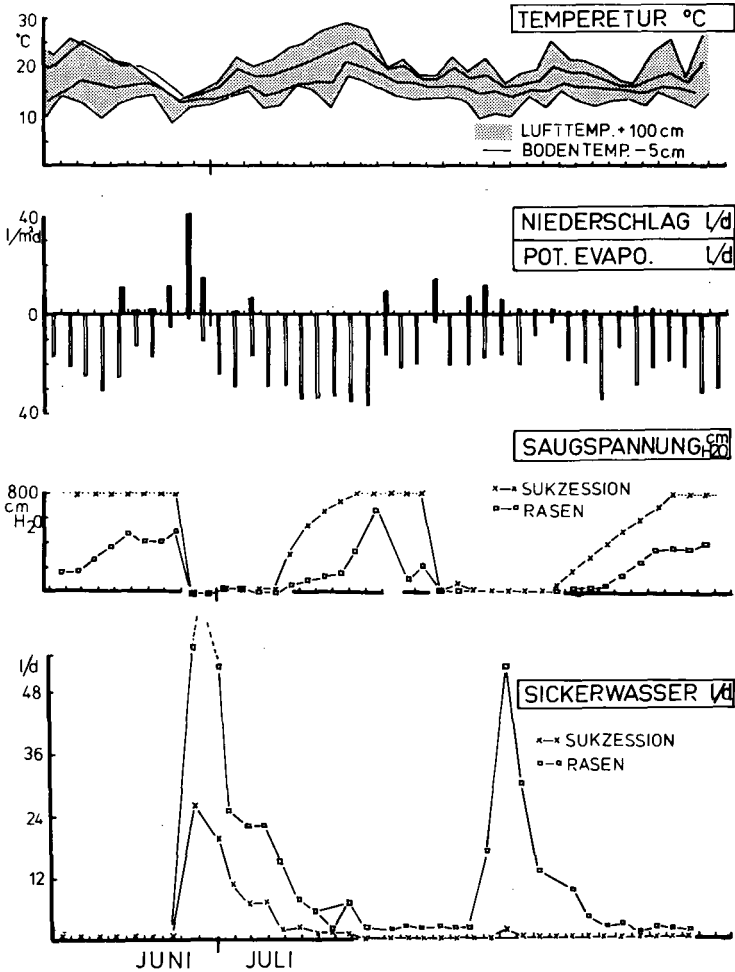


Abb. 3: Temperaturverlauf, Niederschlag, pot. Verdunstung, Bodenwasser-saugspannung (-25 cm), Rasen- und Sukzessionsfläche und Sickerwasseranfall Rasen- und Sukzessionsfläche Juni-Juli 1981

liegen die Sickerwasserabflüsse dagegen nahe Null. Insgesamt treten vom 1.1. bis 30.9. auf der Rasenfläche rund 60 % des Niederschlags als Sickerwasser wieder aus, auf der Sukzessionsfläche dagegen nur 25 %. Dieser Unterschied liegt sicher nicht in Unterschieden der Vegetationsbedeckung begründet, sondern in den durch die Rekultivierungsmaßnahmen veränderten Bodenverhältnissen. Auf der unbeeinflussten Sukzessionsfläche wurde eine mittlere Infiltrationsrate (DIN 19 682) von nur 0.09 mm/min gemessen, auf der gefrästen Rasenfläche hingegen mit 0.6 mm/min eine sechs mal höhere. Im Frühjahr versickert ein großer Teil des Niederschlags in der gefrästen Rasenfläche, während er von der verdichteten Sukzessionsfläche oberflächlich abfließt.

In der Vegetationsperiode hingegen reicht offenbar die Evaporation von der Rasenfläche aus, um die Sickerwassermengen auf dem gleichen niedrigen Niveau zu halten wie auf der Sukzessionsfläche, deren Interzeption und Transpiration infolge des inzwischen aufgebauten dichten Steinklee-Bestandes erheblich zugenommen haben.

Ein differenzierteres Bild des Wasserhaushaltes gibt Abb. 3, in der für die Monate Juni und Juli 1981 Temperatur, Niederschlag, pot. Evaporation, Bodenwasser-Saugspannung (-25 bis 30 cm) und Sickerwasserraten einander gegenüber gestellt sind. Sie zeigt, daß im zweiten Sukzessionsjahr in niederschlagsarmen Sommerwochen eine schnelle Austrocknung des Oberbodens erfolgt. Dabei ist auf der mit fast 2 m hohem Steinklee bestandenen Sukzessionsfläche im Vergleich zur Rasenfläche ein viel schnellerer Anstieg der Saugspannung zu erkennen. Die Rasenfläche reagiert ausgeglichener; ihr Bodenwasserspeicher erschöpft sich langsamer. Dementsprechend treten hier die Niederschläge schneller und heftiger als Sickerwasser auf als unter der Sukzessionsfläche.

Die "Rekultivierung" bringt also zunächst gegenüber dem "Sichselbst-Überlassen" der Abdeckschicht eine unerwünschte Beeinflussung des Wasserhaushaltes, indem die Sickerwasserraten erhöht werden. Es bleibt abzuwarten, welche Veränderungen die weitere Sukzession des Standortes bewirkt.

#### LITERATUR

- BRECHTEL, H.M. (1978): Möglichkeiten der Steuerung des Wasserhaushaltes von Deponien durch Pflanzendecken.  
In: Jäger, B. & R. Kayser, Aktuelle Probleme der Deponietechnik.  
TU Berlin, S.186-217.
- GLOWER, A. et al. (1976): Belastung und Verunreinigung des Grundwassers durch feste Abfallstoffe.  
Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch. 73, 131 S.

- HANTGE, E. (1975): Mülldeponie und Schutz des Grund- und Oberflächenwassers.  
Müll + Abfall 1, S. 1-3.
- KNOCH, J. (1974): Untersuchung und biologische Reinigung von Sickerwasser aus Mülldeponien.  
Veröff. Inst. Stadtbauwesen, TU Braunschweig, Heft 15.
- KNOCH, J. (1976): Sickerwassermengen und Maßnahmen zur Verminderung der Sickerwassermenge bei Hausmülldeponien.  
In: Abfalldeponien und Umwelt. TUB Dokumentation aktuell 4, TU Berlin, S. 36-41.
- NEUMANN, U. & G. van Ooyen (1979): Rekultivierung von Deponien und Müllkippen.  
Beihefte zu Müll + Abfall 16, 70 S.
- WEIDEMANN, G., KOEHLER, H. & T. SCHRIEFER (1981): Recultivation: a problem of stabilization during ecosystem development.  
Proc. II. Europ. Ecol. Symp. Berlin 1980; im Druck.

#### Studies on the Water Regime of Tip Cappings

Since May 1980 we are studying the development of the water regime in relation to vegetational succession. Object is a rubble and debris dump covered with disturbed and compacted soil. First results are reported.

In the first year of succession water regime is characterized by fast drying out of the top soil (Tensiometer) in precipitation free summer periods and large amounts of percolating water (Lysimeter) during winter months.

A lawn plot sown with grasses (recultivated plot) has a significantly more balanced moisture regime in comparison to an untreated plot (succession plot).

The possible influence of vegetation on the reduction of percolation water, which is especially desired for refuse tips is discussed guided by the data found.



Biologische Steuerung des Abbaus von Müllsickerwasser

von

Goetz, D. und R. Wienberg <sup>+</sup>

Aus Mülldeponien an der Basis austretendes Sickerwasser dringt in unterliegende Sedimente ein und unterliegt dort verschiedenen komplexen Umwandlungs-, Bindungs- und Mobilisierungsprozessen, wie sie ähnlich auch bei einzelnen Bodenbildungen stattfinden. Den Bodenhorizonten entsprechen im Untergrund einer Deponie Zonen ähnlicher Eigenschaften. Diese Zonierung bildet sich in Abhängigkeit von der Sickerwasserzusammensetzung, der biologischen Aktivität, Verdünnung, O<sub>2</sub>-Zufuhr, Grundwasserstand und Sedimentzusammensetzung aus.

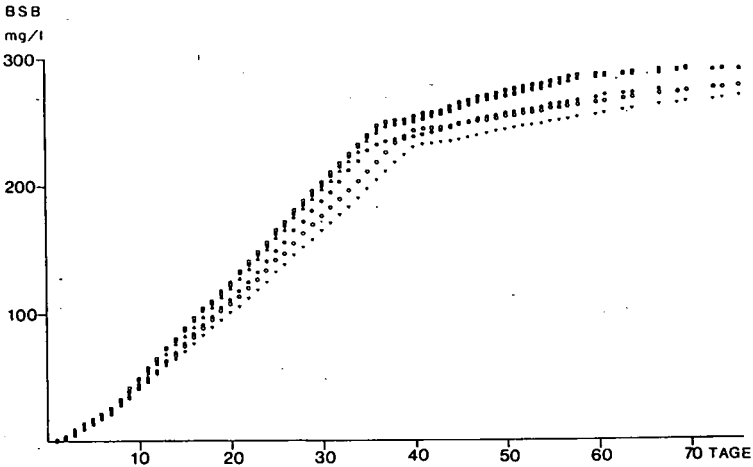
Eine hohe Salzfracht und die starke organische Belastung bedingen, daß die Bedeutung der anorganischen Austauschkapazität der Sedimente weitgehend zu vernachlässigen ist. Die Fällungs- und Mobilisierungsbedingungen im Sicker- und Grundwasserbereich hängen vornehmlich von Redoxpotentialen und pH-Werten ab, die durch biologische Vorgänge gesteuert werden.

Die ursprüngliche Vorstellung (Golwer & Mathes, 1969) daß sich unter Deponien eine großräumige, geschlossene biochemische Zonierung als anaerobe - Übergangs - und aerobe Zone ausbilden, entsprechend der Verdünnung mit seitlich zutretendem sauerstoffreichem Grundwasser, muß sicher modifiziert werden.

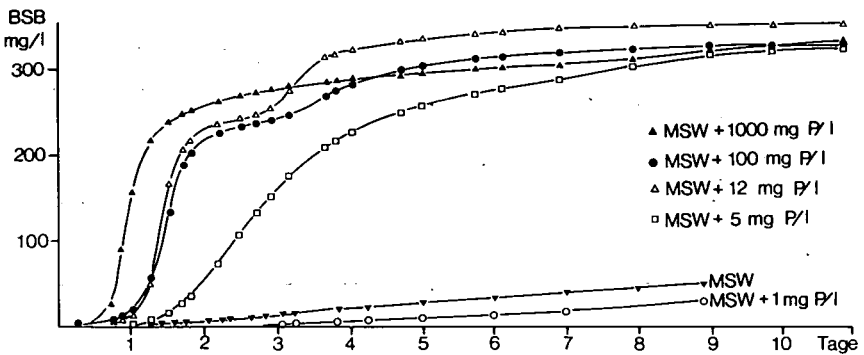
An Aufgrabungen unter älteren Hausmülldeponien konnten wir starke kleinräumige Unterschiede feststellen, wobei das biochemische Milieu in starkem Maße von den Sedimenteigenschaften abhängt: Bei tiefer liegendem Grundwasserspiegel werden grobsandige und kiesige Schichten selbst nahe der Deponiesohle zeitweise belüftet, so daß sich aerobe Bereiche ausbilden können. Dagegen erhalten auch tiefer gelagerte schluffige und tonige Sedimente mit ständig höheren Wassergehalten und minimalem Gasaustausch langfristig ein anaerobes Milieu.

---

<sup>+</sup> Ordinariat für Bodenkunde, 2000 Hamburg 13, Von-Melle-Park 10



**Abb. 1 :** Biochemischer Sauerstoffbedarf (in mg  $O_2/l$ ) bei einem Langzeit-Abbauversuch mit Sickerwasser aus einer Hausmülldeponie (6 Versuchsp parallelen, Verdünnung 1 : 100 mit ausgezeihrem Leitungswasser, Messungen im Warburg Apparat bei 20°C)



**Abb. 2 :** Einfluß verschiedener Phosphatzugaben (in mg P/l) auf den biochemischen Sauerstoffbedarf (in mg  $O_2/l$ ) beim Abbau von Sickerwasser aus einer Hausmülldeponie (Meßbedingungen wie Abb.1)



Die Rückhaltung von Sickerwasserinhaltsstoffen bzw. der Abbau und Umsatz einzelner Substanzen erfolgt in einem Wechselspiel zwischen biologischer Aktivität mit Sauerstoffverbrauch und Ausbildung von Reduktionszonen, in denen insbesondere Schwermetallsulfide ausgefällt werden einerseits und dem Sauerstoffeintrag durch seitlich zufließendes Grundwasser sowie Belüftung des Bodens auf Aus- und Mitfällung von Oxiden und Hydroxiden andererseits. Der biologische Umsatz kann wechselnd aerob und anaerob verlaufen, wobei verschiedene Zwischen- und Endprodukte entstehen.

Die biologische Aktivität und der Abbauzustand des Müllsickerwassers läßt sich sehr gut durch die Verlaufskurven des biologischen Sauerstoffbedarfs (BSB) und durch die Zusammensetzung der Karbonsäuren charakterisieren.

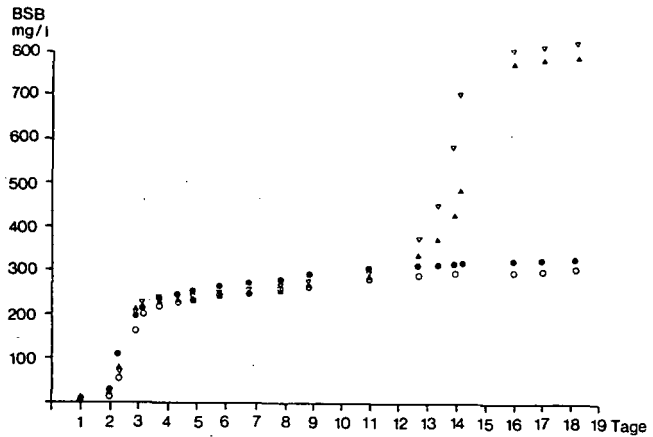
Beide Parameter schwanken bei jüngeren Hausmülldeponien ohne Giftstoffe in definierbaren Grenzen und zeigen eine langzeitige Veränderung mit dem Alter der Deponie.

Die Untersuchungen wurden mit Müllsickerwasser einer Hamburger Deponie durchgeführt, an der Vorrichtungen zur Probennahme eingebaut sind. Mit Hilfe einer Warburg Apparatur wurden in einem Langzeitversuch BSB-Verlaufskurven aufgenommen. D.h. es wurde über die  $\text{CO}_2$ -Produktion der  $\text{O}_2$ -Verbrauch beim Abbau des Sickerwassers gemessen.

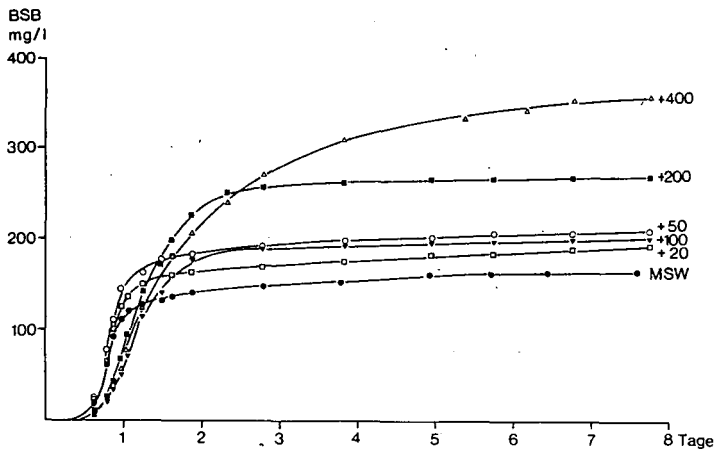
Abb. 1 zeigt das Ergebnis: (6 Parallelmessungen)

Der lineare Anstieg dokumentiert einen gleichmäßigen Abbau über 35 Tage. Danach reduziert sich der weitere Abbau. Nach 75 Tagen ist die Zehrung so gering, daß der Sauerstoffverbrauch nur noch schwer meßbar ist.

Dieser sehr langsame Abbau kommt dadurch zustande, daß Nährstoffmangel auftritt. Im Müllsickerwasser waren bis zu 1000 ppm  $\text{Fe}^{++}$  zu messen. Beim Übergang vom anaeroben zum aeroben Milieu fällt das Eisen u.a. als  $\text{FePO}_4$  aus, so daß Phosphat als Minimumfaktor für die Abbaugeschwindigkeit limitierend wird. Unter natürlichen Bedingungen erhöht sich die Abbaugeschwindigkeit durch eine geringe, aber ständige P-Zufuhr mit dem zuströmenden Grundwasser. In einem weiteren Versuch wurde Phosphat dem Müllsickerwasser zugefügt. Bereits  $\text{PO}_4$ -Zugaben ab 5 mg/l erbringen eine starke Beschleunigung des Abbaus (Abb. 2). Bei 12 mg P pro l erreicht man schon nach 3 1/2 Tagen die Werte des Langzeitversuchs von 70 Tagen.



**Abb. 3:** Verlauf des Sauerstoffverbrauchs beim Abbau von Müllsickerwasser sowie bei der Nitrifikation unter Zugabe von  $\text{NH}_4\text{Cl}$ :  
- mit Allylthioharnstoff als Nitrifikationshemmer  
- ohne Nitrifikationshemmer  
(Verdünnung 1:100 mit Verdünnungswasser nach den DEV und zusätzliche Phosphatgabe von 30 mg P/l)



**Abb. 4:** Biochemischer Sauerstoffbedarf bei einem Abbauversuch mit Müllsickerwasser unter Zugabe steigender Mengen Buttersäure (angegeben als Oxidationsäquivalent in mg  $\text{O}_2$ /l; Meßbedingungen wie in Abb. 3)

Ein weiterer  $O_2$ -zehrender und damit Milieu-bestimmender Vorgang im Sickerwasserbereich von Deponien ist die Nitrifikation. In Abb. 3 sind die Ergebnisse eines Versuches dargestellt. Dabei wurde dem Sickerwasser Ammoniumchlorid zugesetzt und einem Teil der Proben Allylthioharnstoff als Nitrifikationshemmer. Bei dem nicht gehemmten Atmungsversuch ist nach der Auszehrung ein 2. Anstieg mit einem 2. Plateau nach 14 Tagen Laufzeit zu erkennen, während die Ansätze mit Allylthioharnstoff keine weitere Sauerstoffzehrung zeigen.

Die Nitrifikation spielt bei  $NH_4$  Gehalten von bis zu 1000 mg/l eine bedeutende Rolle für die  $O_2$  Bilanz im Unterstrom der Deponien. Dabei reagieren die Nitrifikanten gegenüber verschiedenen Umwelteinflüssen sehr empfindlich.

Bei den verdichteten Deponien kommt es schon in den ersten Monaten nach der Ablagerung des Mülls zu anaeroben Bedingungen, unter denen als Zersetzungsprodukte der organischen Stoffe vor allem Karbonsäuren auftreten.

Abb. 5 zeigt ein Gaschromatogramm des an der Deponiebasis auftretenden Wassers.

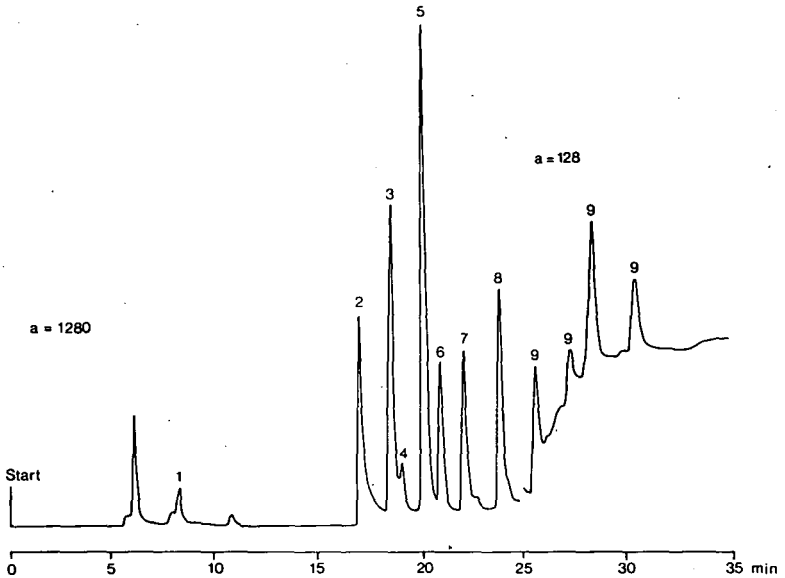
Danach treten zuerst leichtflüchtige organische Substanzen (Alkohole) auf. Dann finden sich Karbonsäuren der C-Kettenlänge von 2 bis 6. Diese Substanzen machen 80 bis 95 % der organischen Substanz in dem von uns untersuchten Müllsickerwasser aus. Daneben finden sich einige Isomere von  $C_7$  bis  $C_9$  - Säuren. Eine Aufgliederung und eine Bilanzierung der gemessenen organischen Inhaltsstoffe als Summenparameter (TOC und CSB) ist in Tab.1 dargestellt.

Der große Anteil der Karbonsäuren an der gesamten organischen Sickerwasserfracht und ihre Einbindung in die Abbaumetabolik macht ihre genaue Untersuchung interessant.

Zu einem natürlichen Müllsickerwasser wurden einzelne Karbonsäuren hinzugegeben.

In der BSB-Verlaufskurve (Abb.4) steigt bei einer Zugabe von Buttersäure bis zu 20 mg/l - BSB Äquivalenten die  $O_2$ -Zehrung in der entsprechenden Größenordnung an. Darüber hinaus erfolgt nur eine unterstöchiometrische Zunahme des Gesamt BSB. Ähnliche Verhältnisse ergaben sich mit der Essigsäure.

Diese Erscheinungen könnten auf eine Metabolisierung ohne simultane Oxidation, wie z.B. bei einer erhöhten Festlegung des Kohlenstoffs



**Abb. 5 :** Gaschromatogramm eines Müllsickerwassers aus einer Hausmülldeponie

- 1 ?kurzkettige Alkohole
- 2 Essigsäure
- 3 Propionsäure
- 4 Iso-Buttersäure
- 5 Buttersäure
- 6 Iso Valeriansäure
- 7 Valeriansäure mit einem Capronsäureisomer als Schulter
- 8 Capronsäure
- 9 weitere C<sub>7</sub> bis C<sub>9</sub> Karbonsäureisomere

(Chromatographiebedingungen: FID; Trägergas Argon + 5% CO<sub>2</sub>, 40 ml/min; Temperaturprogramm 70 bis 270°C, 8°C/min; Glassäule 2 m, 2,2 mm Ø; 20% FFAP auf Volaspher A2; das Müllsickerwasser wurde lediglich mit Metaphosphorsäure angesäuert, filtriert und 1 µl direkt eingespritzt)

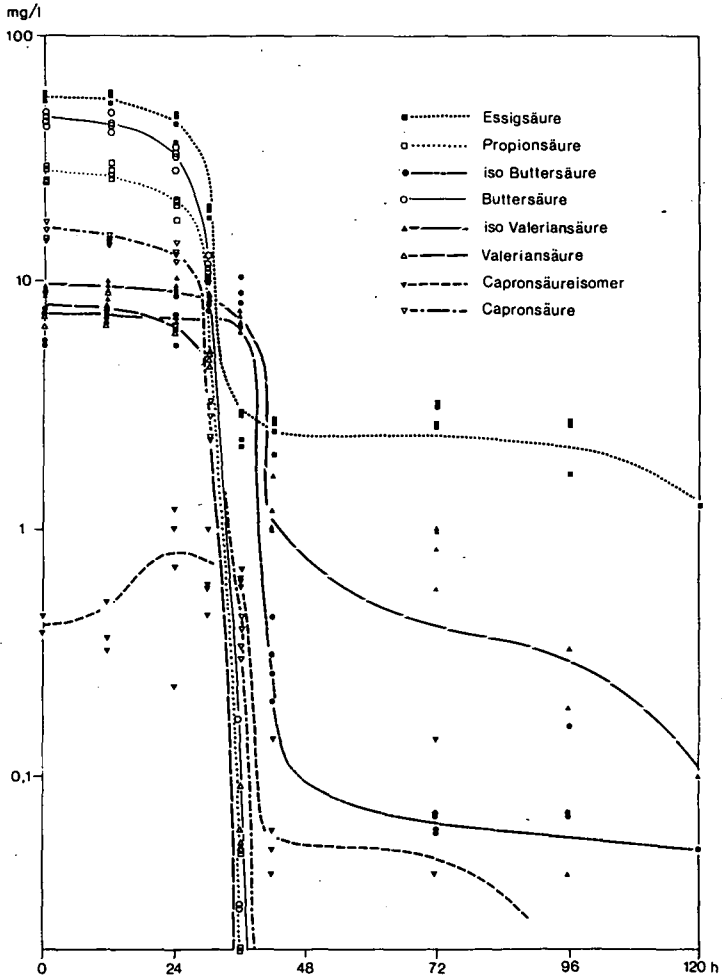
Tabelle 1

Bilanzierung der organischen Inhaltstoffe einer Müllsickerwasserprobe aus den Konzentrationen der identifizierten Hauptinhaltsstoffe, den daraus berechneten CSB und TOC - Äquivalenten sowie den tatsächlich gemessenen Gesamt-CSB und -TOC - Werten.

	gemessene Konzentrationen im MSW (g/l)	berechneter theoretischer	
		CSB (g/l)	TOC
1) Essigsäure	5,6	5,9	2,2
Propionsäure	3,1	4,7	1,5
iso-Buttersäure	0,3	0,5	0,2
Buttersäure	6,7	12,2	3,6
iso-Valeriansäure	1,3	2,7	0,8
Valeriansäure	1,9	3,9	1,1
Capronsäure	3,4	7,5	2,1
2) alle Säuren	22,3	37,4	11,5
3) Belebte Masse <sup>+</sup>	~ 2	2,8	1,1
∑ 2) und 3)	24,3	40,2	12,6
gemessen		42,8	14,3
Rest <sup>++</sup>		2,6	1,7

++) darunter Säuren: C<sub>5</sub> und C<sub>6</sub> Isomere, C<sub>7</sub> bis C<sub>9</sub>-Säuren, Alkohole und unbekannte Substanzen

+) berechnet aus dem Gehalt an organischem Stickstoff



**Abb. 6:** Biochemischer Abbau der einzelnen Karbonsäuren aus Sickerwasser von einer Hausmülldeponie (Bestimmung der Karbonsäuren durch regelmäßige gaschromatographische Analysen entspr. Abb.4; Verdünnung 1 : 100 mit Wasser nach DEV, zusätzliche P-Gabe von 30 mg/l, bei 20°C und Verdunkelung jeweils 1,5 l in Glaskolben geschüttelt; 4 Versuchsparallelen)

in belebter organischer Substanz zurückgeführt werden.

In einem Zehrungsversuch wurde mit Hilfe der Radiogaschromatographie der Abbau der einzelnen Komponenten über die Zwischenstadien verfolgt. Erste Ergebnisse sind in Abb. 6 dargestellt.

Es sind deutlich 2 Substanzgruppen zu unterscheiden:

1. Propionsäure, Buttersäure, Valeriansäure Capronsäure: Die Abbaukurve dieser Säuren zeigt einen starken Abfall, so daß die Substanzen nach 30 Stunden die Nachweisgrenze unterschreiten.
2. Essigsäure, iso-Valeriansäure, iso-Buttersäure, sowie ein Capronsäureisomer. Diese Säuren zeigen zunächst ebenfalls einen starken Konzentrationsabfall, bleiben dann aber in sehr hoher Konzentration noch über längere Zeit nachweisbar.

Die primär vorhandene Essigsäure wurde mit C-14 markiert. Nach ca. 30 Stunden ist im Radiogaschromatographen keine Aktivität mehr nachweisbar. Die dennoch vorhandene Essigsäure muß demnach ein Zwischenprodukt des Abbaus anderer Substanzen sein. Die iso-Valerian- und die iso-Buttersäure sind dagegen offensichtlich biologisch schwerer abbaubar als die geradkettigen Karbonsäuren.

Diese Ergebnisse gestatten die Hypothese, daß die Reliktsäuren mit tertiärem bzw. quarternären C-Atomen über längere Strecken im Untergrund einer Deponie nachweisbar sein müssen.

Das Mengenverhältnis der verzweigten zu den geradkettigen Isomeren stellt ein Maß für den Abbauzustand des Sickerwassers dar.

Erhärtet wird diese Hypothese durch Untersuchungen von Dunlap & al., 1977, die in den USA in Brunnen am Rande von Deponien iso-Buttersäure und Buttersäure mit Gehalten von 50 zu 1,5 ppb fanden, also das umgekehrte Mengenverhältnis zur Ausgangssituation..

Es ist anzunehmen, daß sich die Relationen der Karbonsäuren zueinander beim Abbau unter anaeroben Verhältnissen ähnlich verhalten wie unter aeroben Bedingungen.

Die Wechselbeziehungen der einzelnen Phasen der Wasserinhaltsstoffe lassen sich in einem Schema zusammenfassen (Abb. 7). Es zeigt, daß der mineralische Untergrund der Deponie der für den Transport und Umsatz des Sickerwassers prägende Faktor ist. Der vorhandene Porenraum bestimmt die Wasserkapazität und -Bewegung sowie den Gasaustausch und stellt den Besiedlungsraum für Mikroorganismen dar. Die mineralische Zusammensetzung bedingt die anorganische Austauschkapazität und eine gewisse Pufferwirkung gegenüber pH-Änderungen.

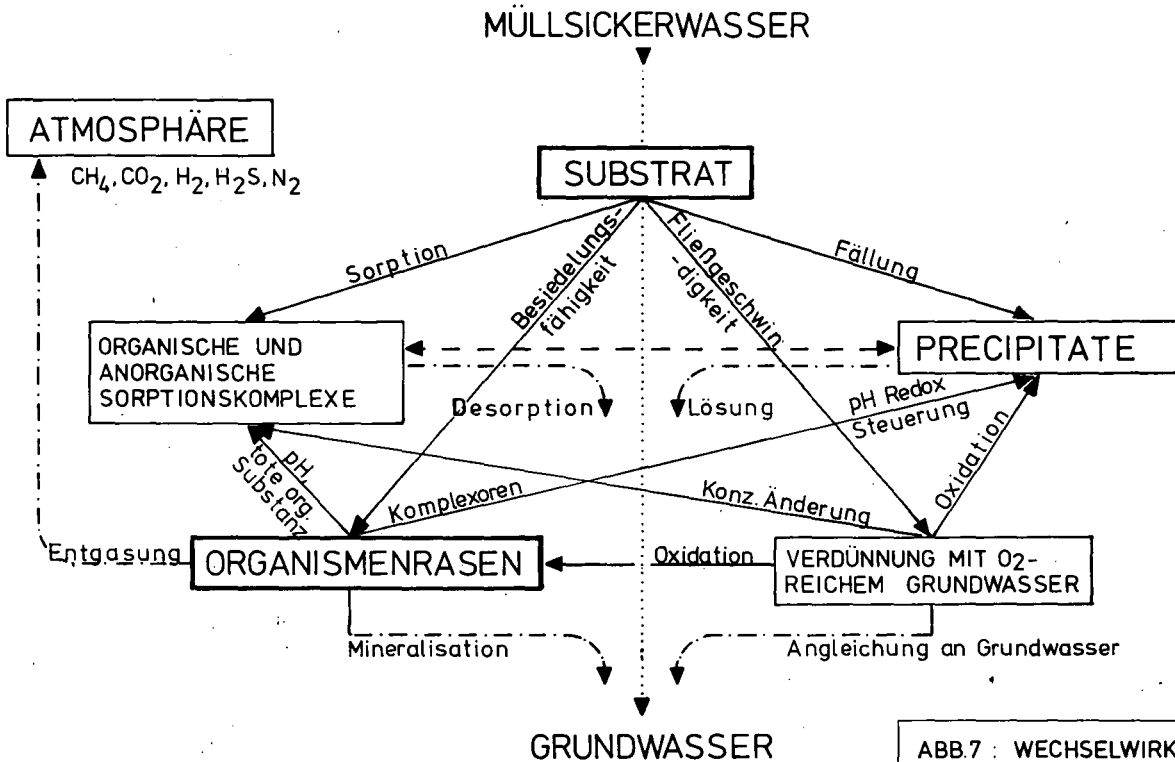


ABB.7 : WECHSELWIRKUNGS-SCHEMA EINZELNER PHASEN DER SICKERWASSER-INHALTSSTOFFE IM BODEN



Das Untergrundgestein bildet das Material für den Organismenrasen und organische wie anorganische Ablagerungen.

In diesem System stellen sich u.a. bezüglich Sorption - Desorption, Fällung - Lösung und Reduktion - Oxidation Gleichgewichte ein, die durch Nachlieferung von Sickerwasser, Verdünnung durch seitlich zufließendes Grundwasser und vor allem durch biologische Abbauvorgänge verschoben werden. Die Mikroorganismen-tätigkeit bewirkt Änderungen der pH-Werte und Redoxpotentiale. Organische Inhaltstoffe werden z.T. bis zur Mineralisierung abgebaut, und Zwischenprodukte bzw. abgestorbene Organismen stellen wieder neue Komplexbildner bzw. Austauschkörper dar.

Das Ziel unserer Arbeiten ist es, diese biologischen Prozesse, die für die Abbauleistung im Untergrund von Deponien eine zentrale Rolle mit Steuer- und Regelfunktionen spielen, summerisch durch einfache Messungen erfaßbar zu machen, um so bessere Aussagen über Transport, Abbau, Festlegung und Mobilisierung von Untergrundverunreinigungen machen zu können.

#### Literatur:

- Dunlap, W.J., D.C. Shew, J.M. Robertson u. C.R. Toussaint (1976):  
Organic Pollutants Contributed to Groundwater by a Landfill. -  
in: Genetelli, E.J. u. J. Cirello (eds): Gas and Leachate from  
Landfills. Formation, Collection and Treatment. - US EPA - 600 /  
9-76-004: 96-110.
- Golwer, A u. G. Matthes (1969): Qualitative Beeinträchtigung des  
Grundwasserdargebotes durch Abfallstoffe.-Deutsche Gewässerkundl.  
Mitt., Sonderheft 1969: 51-55.

On the Biological Control of the Decomposition  
of Sanitary Landfill Leachates

Soil science can contribute to investigations of sanitary landfills and their effects on ground water. In the subsurface of landfills decomposition, conversion, precipitation, and remobilization occur dependent on environmental conditions. These are influenced significantly by biological processes.

The course of biochemical decomposition of organic matter was examined by means of Warburg-respiration tests. Additionally, percolation tests were conducted using columns filled with sand.

Inhibition of decomposition occurs as a result of precipitation of nutrients when anaerobic conditions become aerobic. If phosphate is added and the leachate is diluted sufficiently, up to 80 % of the organic matter is decomposed in the course of 7 to 10 days. After this, nitrification begins.

The accumulation of short chain fatty acids indicates the state of biological stabilisation of the landfill. Up to 95 % of the organic matter contains these carbonic acids. Most have a chain length of 2 to 6 C, but also C<sub>7</sub> to C<sub>9</sub> isomeres have been observed.

A diagram on the reciprocal actions of the conditions influencing transport, decomposition, and conversion of sanitary landfill leachates in the subsurface is presented and discussed.

EINFLUSS EINER LANGJÄHRIGEN ABWASSERVERRIESELUNG AUF  
DIE MIKROBENBESIEDLUNG UND -AKTIVITÄT IN EINER  
BRAUNERDE<sup>+</sup>)

von

Z. FILIP<sup>++)</sup>, H. DIZER und K. SEIDEL

Einleitung

Es gehört zu den Aufgaben einer Stadt, die anfallenden städtischen Abwässer zu beseitigen und die Trinkwasserversorgung der Bürger zu sichern. Die Stadt Berlin ist seit etwa 90 Jahren bemüht, diese zwei wichtigen Aufgaben aneinander zu koppeln, indem sie einen beträchtlichen Anteil des Abwassers nach seiner Vorklärung durch die Versickerung auf Rieselfeldern beseitigt und damit gleichzeitig einen Beitrag zur Grundwasseranreicherung leistet. Da eine physikochemische Filtererwirkung des Bodens relativ schnell erschöpft sein kann, kommt es bei einer langfristigen Abwasserverrieselung vor allem auf die mikrobiellen Stoffwechselaktivitäten an, wenn die Grundwasserqualität nicht beeinträchtigt werden soll. Es wurden daher Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die mikrobiologische Beschaffenheit einer Braunerde von Berliner Rieselfeldern zu ermitteln und dadurch einen Beitrag zur Abschätzung der biologischen Reinigungskapazität des Bodens einerseits und der ggf. vorhandenen umwelthygienischen Risiken andererseits zu leisten.

Material und Methodik

In die Untersuchungen wurden drei Parzellen des früheren Rieselgutes Carolinenhöhe in Berlin-Gatow einbezogen. Alle drei liegen auf einer Braunerde aus Geschiebesand. Eine der Parzellen wurde nicht mit Abwasser berieselt, eine andere bekam im Jahre 1962 die letzte Abwassergabe, während die dritte Parzelle seit etwa 1890 bis heute durch eine regelmäßige Überstauung berieselt wird. Die jährliche Rieselintensität schwankt von < 2000 bis ca.

---

<sup>+</sup>) Diese Untersuchungen wurden im Rahmen eines durch den Bundesminister für Forschung und Technologie unterstützten Forschungsvorhabens durchgeführt.

<sup>++)</sup> Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Corrensplatz 1, D-1000 Berlin 33

7000 mm. Die Bodenproben wurden von der Bodenoberfläche her bis zu einer Tiefe von 10 m (Grundwasserpegel) entnommen. Die Wiedergabe der Ergebnisse in diesem Beitrag beschränkt sich auf die biologisch aktivste Bodenschicht von 0-60 (90) cm.

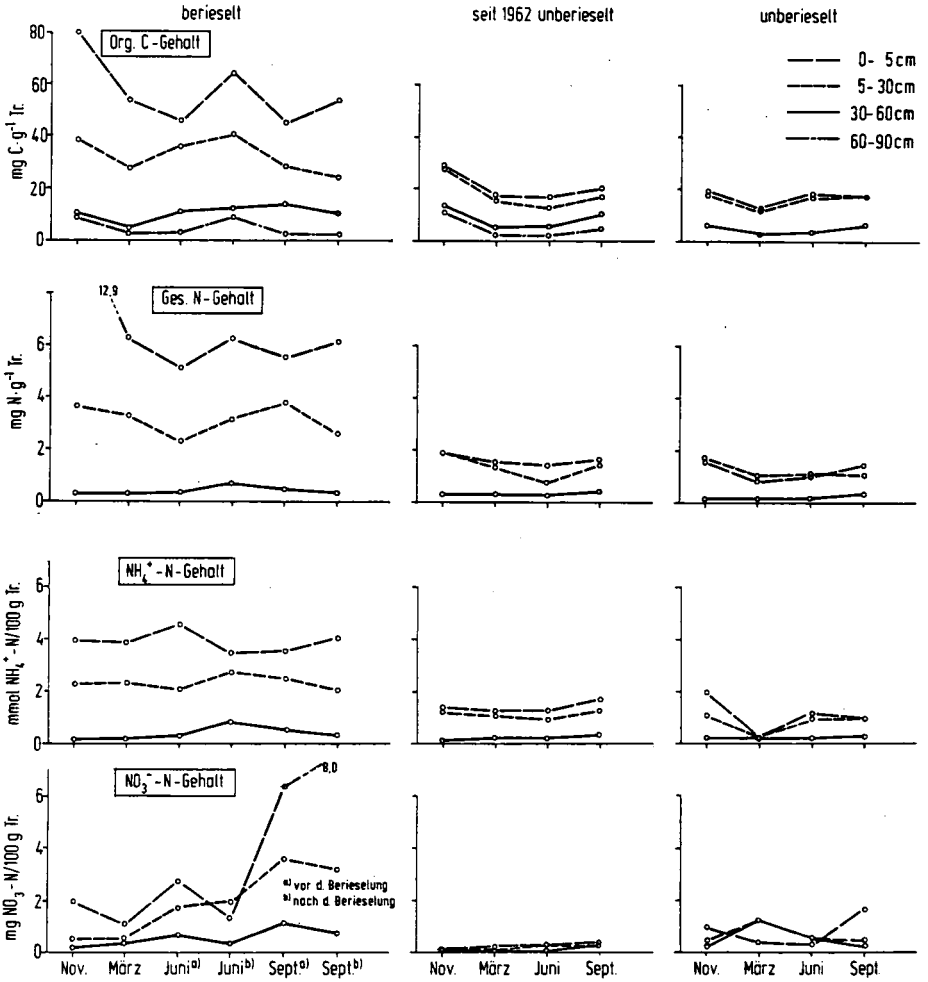
Es wurden folgende Untersuchungsparameter berücksichtigt:

- Chemische und biochemische Parameter: C org. in Anlehnung an die Walkey-Methoden (Allison 1965); N (gesamt) nach dem Kjeldahl-Verfahren (Bremner, 1965);  $\text{NH}_4^+$ -N-Bestimmung bzw. die Ammonifizierungsaktivität in Anlehnung an die Conway-Diffusionsmethode nach Pokorna-Kozova et al. (1964);  $\text{NO}_3^-$ -N-Bestimmung bzw. die Nitrifizierungsaktivität kolorimetrisch mit Phenoldisulfonsäure nach Löbl et al. (1964).
- Mikrobiologische Parameter: Nach dem Koch'schen Plattengußverfahren bzw. nach der "Most Probable Number"-Methode wurden folgende Kolonie- bzw. Keimzahlen bestimmt: aerobe proteolytische Bakterien (Merck I - Standard-Agar), anaerobe proteolytische Bakterien (Merck I - Standard-Bouillon, hohe Schicht, luftdichter Verschuß), Aktinomyzeten (Stärke-Agar nach Fiedler 1973), Mikromyceten (Bengalrosarot-Agar mit Streptomycin nach Martin, 1950), anaerobe amylolytische Bakterien (Stärke-Bouillon in Anlehnung an Fischer, 1973) Denitrifikationsbakterien (Nährbouillon mit  $\text{KNO}_3$  in Anlehnung an Reichardt, 1978). Die Inkubationsdauer betrug je nach Mikrobengruppe 5-10 Tage bei 27°C. Die jeweilige Keim-(Kolonie-)zahl wurde auf 1 g Bodentrockenmasse bezogen.

### Ergebnisse und Diskussion

Die wichtigste Voraussetzung für ein natürliches Vorkommen und Gedeihen von Mikroorganismen in einem Milieu ist das Vorhandensein verwertbarer Nährstoffe. Die Abb. 1 zeigt die Distribution von C org., N ges.,  $\text{NH}_4^+$ -N und  $\text{NO}_3^-$ -N im Boden der drei untersuchten Parzellen von der obersten Bodenschicht (0-5 cm) bis zur 90 cm-Tiefe. Im Unterschied zum unberieselten Boden lagen die Gehalte dieser Mikrobennährstoffe im berieselten Boden bis zu viermal höher und wiesen darüber hinaus klare, auf die jeweilige Bodenschicht bezogene Konzentrationsgradienten auf. So wurde im November 1979 ein C org.-Gehalt von ca. 8% in der obersten Bodenschicht festgestellt, während er in der 5-30 cm-Bodenschicht bei ca. 4% und in den 30-90 cm- bzw. 60-90 cm-Schichten unter 2 % lag. Nach einer Abwasserverrieselung im Juni 1980 war sowohl beim C- als auch beim N-Gehalt eine relative Erhöhung zu verzeichnen. Eine ähnliche Gesamttendenz war beim  $\text{NH}_4^+$ -N und  $\text{NO}_3^-$ -N zu beobachten.

**Abb. 1:** Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt in Bodenproben von drei Standorten der Berliner Rieselfelder

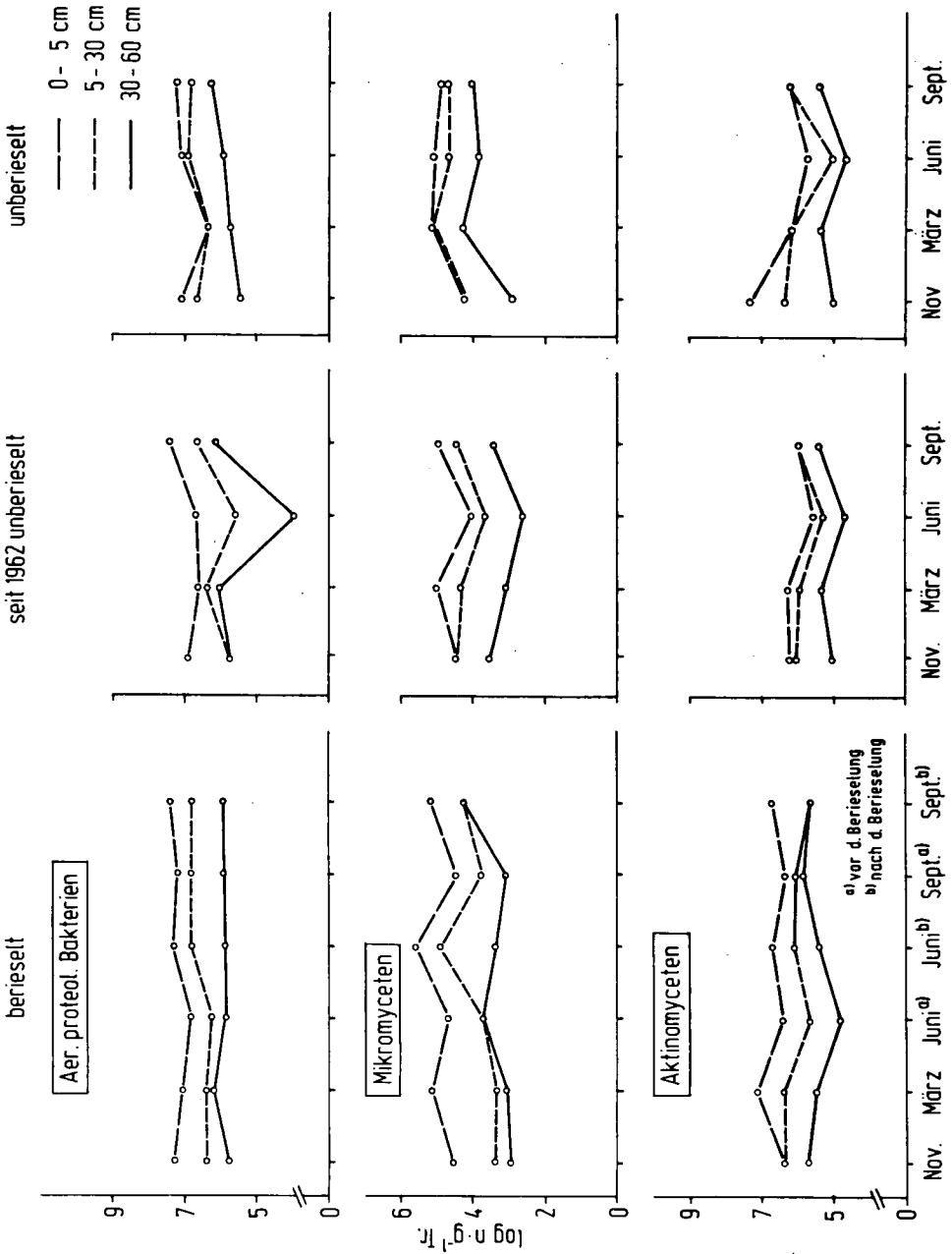


Die in der Abb. 2 dargestellte Keimzahl aerober Mikroorganismen erreichte in den Bodenproben von allen drei Standorten etwa das gleiche Niveau. Lediglich wies der berieselte Standort auch hier einen durch die Bodentiefe bedingten Keim- (Kolonie-)Zahlenrückgang auf, der sich von der Bodenoberfläche bis hin zu 60 cm-Tiefe jeweils auf etwa eine Zehnerpotenz belief. Dies ist offensichtlich auf die mit zunehmender Bodentiefe sich verschlechternde Aerationsbedingungen zurückzuführen. Die Keimzahl anaerober Bakterien (Abb. 3) lag im berieselten Boden mit  $10^8$ - $10^9$  g<sup>-1</sup> etwa um eine Zehnerpotenz über den beiden Vergleichsböden. Auch war hier der Unterschied zwischen dem Oberboden und der mittleren Bodenschicht nicht so stark ausgeprägt.

Bezüglich der Mineralisierung organischer Bestandteile des verrieselten Abwassers und der daraus resultierenden Qualität des bis zum Grundwasser gelangten Sickerwassers ist die biochemische Aktivität der Bodenmikroflora noch wichtiger als die Keim- (Kolonie-)Zahlen. In der Abb. 4 sind die basale und die potentielle Ammonifizierungsaktivität wiedergegeben. Bei dem zuerst genannten Prozeß, einer  $\text{NH}_4^+$ -N-Abgabe von natürlichen Bodenproben nach 48 Std. Inkubation waren in den Wintermonaten negative Werte in den Bodenproben aller drei Standorte zu verzeichnen. Jedoch wurden kaum quantifizierbare Unterschiede festgestellt. Eine sehr deutliche Differenzierung zugunsten des berieselten Bodens trat allerdings nach einer zusätzlichen Anreicherung der Bodenproben mit einer organischen N-Quelle (Pepton) auf. Die  $\text{NH}_4^+$ -N-Abgabe lag dann je nach der Jahreszeit bis zu achtmal über der der beiden Vergleichsböden. Allerdings blieb die potentielle Erhöhung der Mikrobenstoffwechselaktivität nicht auf die Freisetzung von Ammoniumstickstoff aus den N-haltigen organischen Stoffen beschränkt, sondern sie spiegelte sich auch in einer sukzessiven Oxidierung von  $\text{NH}_4^+$ -N im Rahmen der Nitrifikationsprozesse wider (Abb. 5). Obwohl ein Teil des gebildeten  $\text{NO}_3^-$ -N sicherlich durch mikrobielle Denitrifizierung reduziert wurde, wurde dennoch in der mit Grundwasser gesättigten Unterbodenzone ein Anstieg des  $\text{NO}_3^-$ -Gehaltes von 0,2 mg/100 g (unberieselter Kontrollboden) auf 0,9 mg/100 g (berieselter Boden) festgestellt.

Während die früheren Untersuchungen Berliner Rieselfelder unter pflanzenbaulichen Aspekten mit der besonderen Berücksichtigung von sog. Rieselmüdigkeit durchgeführt wurden (Baumann, 1955, Hirte, 1961), werden derzeitige Forschungen vor allem unter den wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten einer Abwasserbeseitigung und Grundwasseranreicherung durchgeführt. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, daß auch noch nach einem ca. 90jährigen Rieselbetrieb eine ausreichende biologische Kapazität des Bodens vorhanden ist,

Abb. 2: Keim- bzw. Koloniezahl einiger aerober Mikroorganismen in Bodenproben von drei Standorten Berliner Rieselfelder



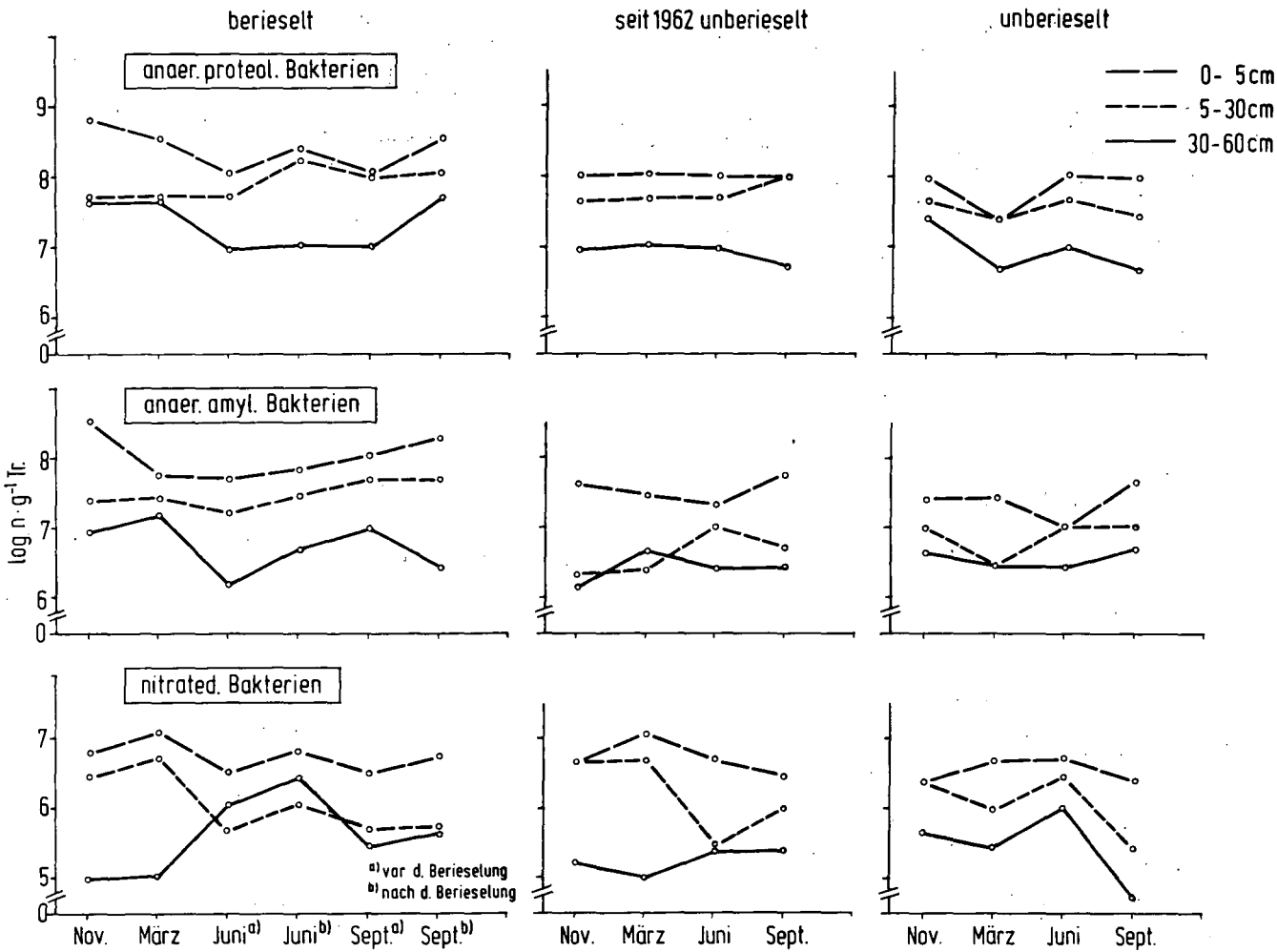
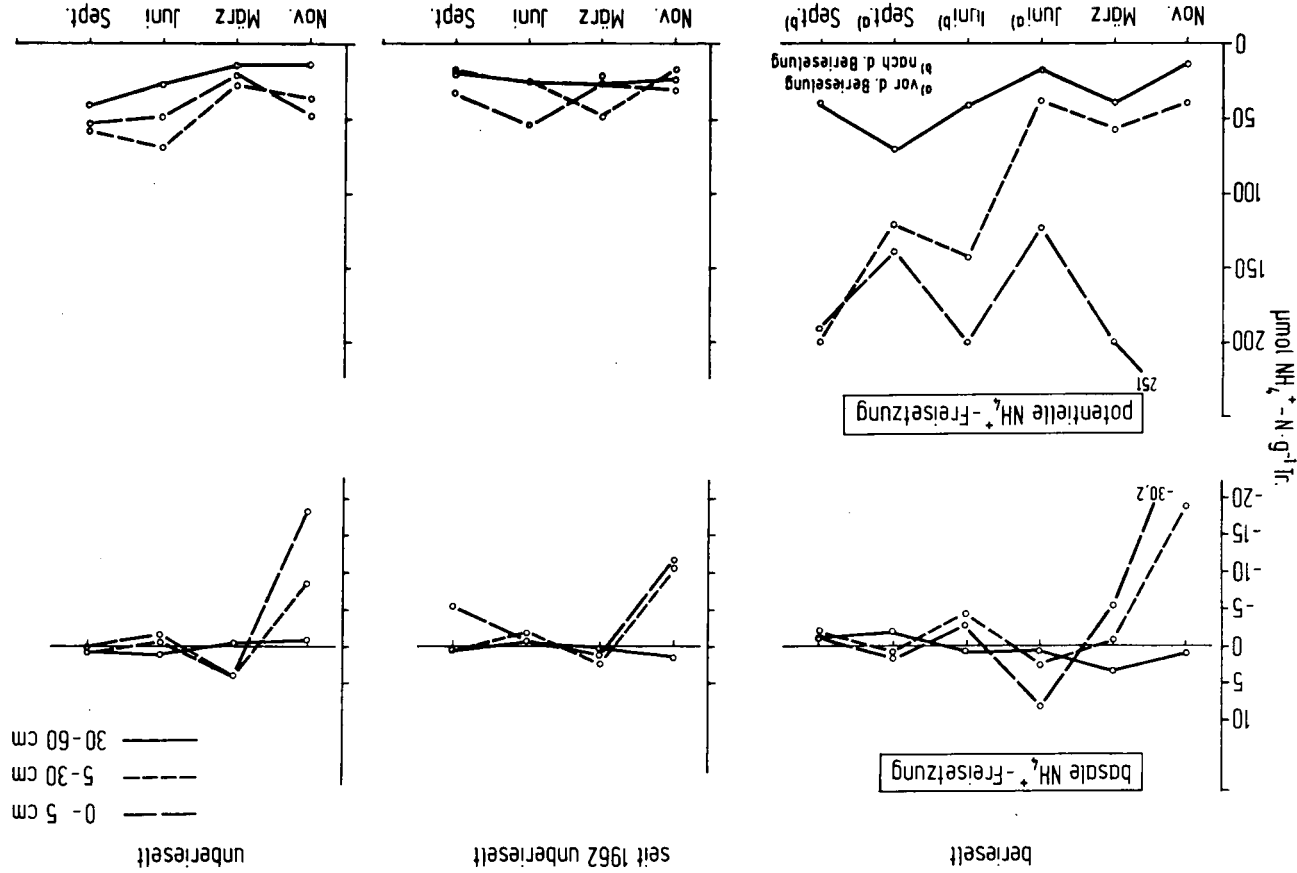


Abb. 3: Keimzahl einiger anaerober Bakterien in Bodenproben von drei Standorten Berliner Rieselfelder



Abb. 4: Ammonifizierungsaktivität in Bodenproben von drei Standorten Berliner Rieselfelder



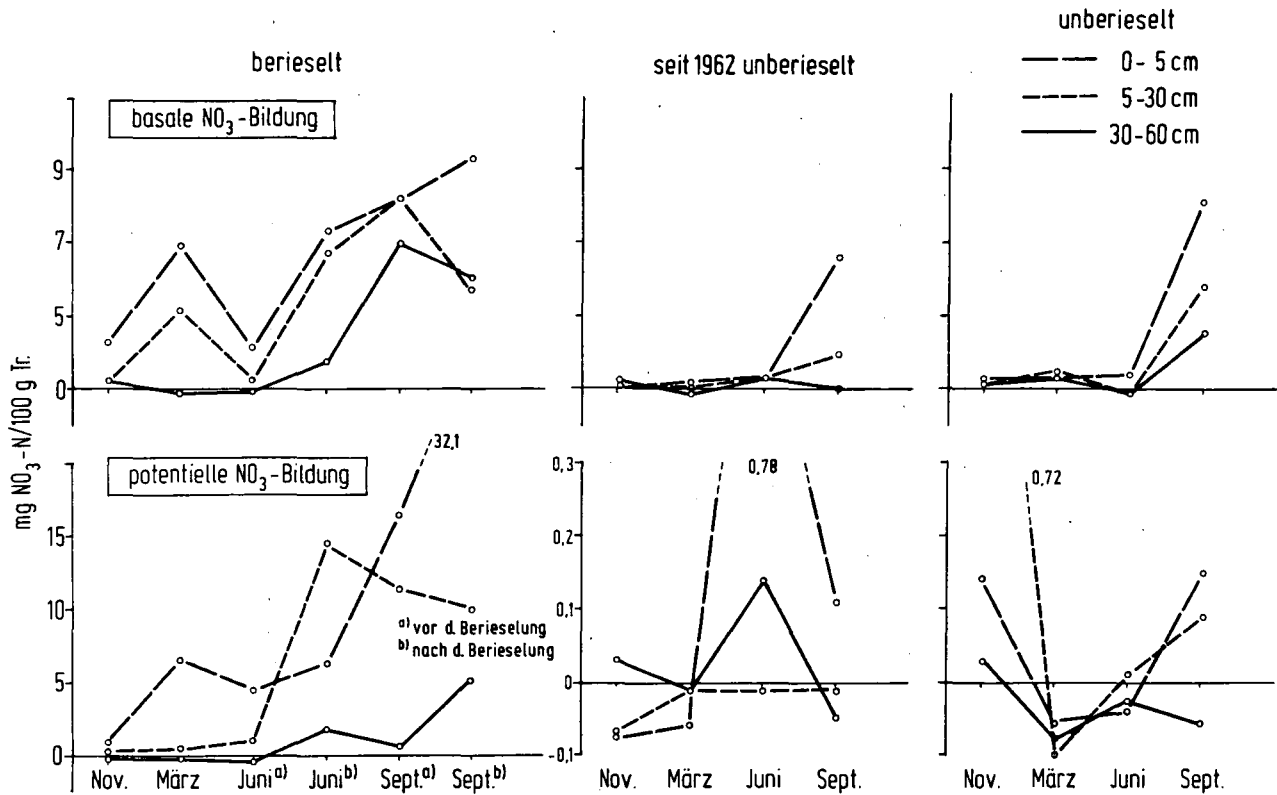


Abb. 5: Nitrifizierungsaktivität in Bodenproben von drei Standorten der Berliner Rieselfelder

um die eingetragenen organischen Stoffe zu mineralisieren oder in die bodeneigene organische Substanz umzuwandeln. Die Mineralisierung N-haltiger organischer Stoffe bringt eine verstärkte  $\text{NO}_3^-$ -N-Bildung mit sich, die zur Nitratanreicherung im Grundwasserbereich beitragen kann.

#### Zusammenfassung

Durch Vergleichsuntersuchungen zwischen einem seit ca. 90 Jahren mit Abwasser berieselten Boden, einem seit ca. 19 Jahren nicht mehr berieselten Boden und einem nicht berieselten Kontrollboden (jeweils Braunerde) von Berliner Rieselfeldern wurde festgestellt, daß größere Unterschiede in der Distribution von Bodenmikroorganismen mit Bezug auf die Bodentiefe als in den absoluten Mikrobenzahlen auftraten. Die potentielle Ammonifizierungsaktivität und die Nitrifizierungsaktivität der Mikroflora in dem langfristig berieselten Boden wurden erhöht. Ein erhöhter Eintrag von Nitrat in die mit Grundwasser gesättigte Bodenzone wurde festgestellt.

#### Literatur

- ALLISON, L.E.: Organic Carbon. In: Black, C.A. (Ed.)  
Soil Analysis II, SSSA, Madison 1965, pp. 1149-1178.
- BAUMANN, H.: Aktuelle landwirtschaftliche Probleme der Berliner Rieselfelder, Wasser u. Nahrung 56, 13-40, 1955.
- BREMNER, J.M.: Total Nitrogen, In: Black, C.A. (Ed.)  
Methods of Soil Analysis II, SSSA, Madison 1965, pp. 1149-1178.
- FIEDLER, H.J.: Methoden der Bodenanalyse, Band 2, Steinkopf Dresden 1973, S. 7.
- HIRTE, W.: Vergleichende mikrobiologische Untersuchungen an rieselmüden und gesunden Böden der Berliner Rieselfelder. 1. und 2. Mitt.  
Zbl. Bakt. II, 114, 367-387 und 490-519, 1961.
- LÖBL, F., NOVAK, B.: Beitrag zur Methodik der Nitrifikationsbestimmung,  
Zbl. Bakt. II, 118, 374-379, 1964.
- MARTIN, J.P.: Use of Acid Rosa Bengal and Streptomycin in the Plate Method for Estimating Soil Fungi. Soil Sci.: 69, 215-223, 1950.
- POKORNA-KOZOVA, J., LÖBL, F., APFELTHALER, R., NOVAK, B.: Zur Methodik der Feststellung der Ammonifizierung in Bodenproben. Zbl. Bakt. II, 118, 368-373, 1964.
- REICHARDT, W.: Einführung in die Methoden der Gewässermikrobiologie,  
Fischer Stuttgart 1978, S. 171.



VERBESSERUNG UND KONTAMINATION VON BÖDEN DURCH SEHR  
HOHE KLÄRSCHLAMMGABEN IM NAHBEREICH EINER GROSSTADT  
UND MÖGLICHKEITEN KÜNFTIGER NUTZUNG UND MELIORATION

von  
TH. DIEZ<sup>+</sup>)

1. Einleitung

Als 1976 auf dem VdLUFA-Kongreß in Oldenburg zum ersten Mal über die Schwermetallbelastung von Böden und Pflanzen im Norden Münchens - verursacht durch extreme Klärschlammgaben - berichtet wurde (1), war dies das auslösende Moment für den "Münchner Klärschlammkandal". Die öffentliche Beunruhigung war von uns nicht beabsichtigt. Immerhin zeitigte sie Wirkungen, die entscheidend zu einem Problemlösungskonzept beitragen, das im zweiten Teil vorgestellt und begründet wird.

In der Aufregung über die festgestellten Schwermetallbelastungen wurde ein nicht unwesentliches Ergebnis der intensiven Beschlämmung, die beträchtliche Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit, völlig übersehen. Dabei kann sich gerade dieses Ergebnis mit den großen Erfolgen anthropogener Einwirkung auf die Ertragsfähigkeit von Böden durchaus messen. Darüber ist im ersten Teil zu berichten.

2. Veränderung des Bodens durch hohe Klärschlammgaben

Um die Veränderungen deutlich zu machen, welche die Böden durch die intensive Beschlämmung erfahren, verglichen wir eine unbeschlämmte Fläche - sie bot sich auf einem benachbarten Truppenübungsplatz an - mit zwei Flächen des Städtischen Gutes Großlappen, das seit Eröffnung der Münchner Kläranlage 1925 die Hauptmenge des anfallenden Klärschlammes aufgenommen und landwirtschaftlich verwertet hat. Davon hat die eine laut Aufzeichnungen des Betriebes seit 1957 im 3-4jährigen Turnus insgesamt etwa 400 t Klärschlamm-Trockensubstanz, die andere, für die exakte Aufzeichnungen aus der davor liegenden Zeit fehlen, schätzungsweise 800 t Klärschlamm-Trockensub-

---

<sup>+</sup>) Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau,  
Postfach 38 0269, 8 München 38

stanz erhalten. Die Abbildungen 1, 2 und 3 zeigen repräsentative Bodenprofile dieser drei Flächen, wobei besonders die mit der aufgebrachten Schlamm-Menge wachsende Bodenmächtigkeit und - an der dunkleren Farbe erkennbar - der zunehmende Humusgehalt ins Auge fallen.

### 2.1 Chemische Kennwerte

Der Ausgangsboden ist eine Pararendzina aus Kalkschotter mit etwa 80% Karbonatgehalt. Die Mächtigkeit des Solums beträgt 18 cm. Dies war nach Auskunft des Betriebsleiters auch etwa die Pflugtiefe vor 30 Jahren.

Tabelle 1: Chemische Kennwerte

Boden	Solum Tiefe cm	pH (CaCl <sub>2</sub> )	CaCO <sub>3</sub> %	Humus- gehalt %	C/N	Nährstoffe (mg/100 g )		
						P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Ges.	CAL	K <sub>2</sub> O CAL
ohne KS*	18	7,2	13,0	3,4	9,0	68	1	2
400 t KS	28	6,7	8,5	9,2	8,3	920	180	23
800 t KS	38	6,4	12,6	12,4	9,0	1335	189	28

\* ) KS = Klärschlamm

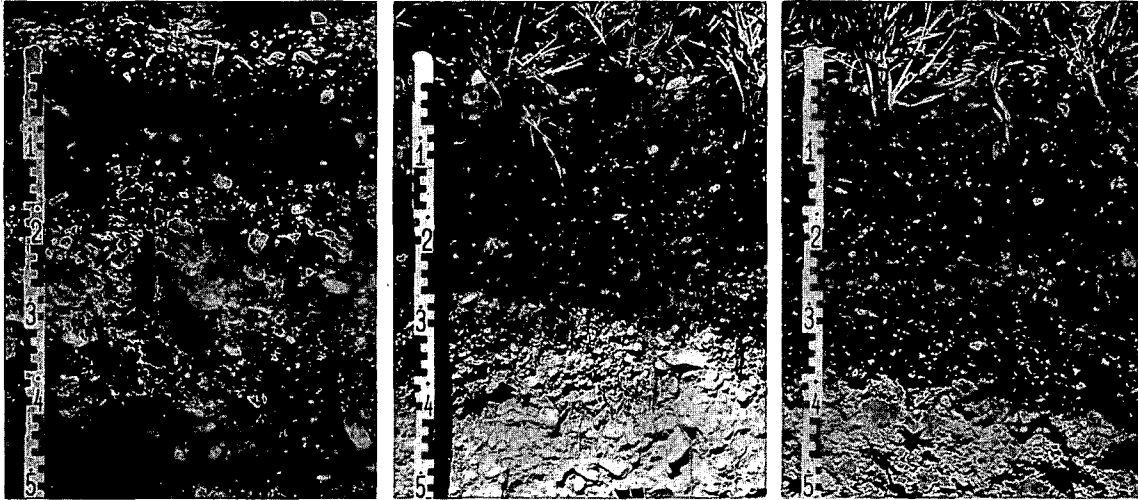
Parallel zur Klärschlamm-Aufbringung, mit der jedesmal eine Vertiefung der Pflugfurche verbunden war, um den Klärschlamm möglichst innig mit dem Mineralboden zu vermischen, steigt die Mächtigkeit des Solums auf 28 und - auf den am längsten beschlammten Flächen - auf 38 cm an. Der pH-Wert nimmt leicht ab, trotz eines beträchtlichen Anteils an CaCO<sub>3</sub>, das allerdings zumindest teilweise in Form von kleinen Kalksteinen vorliegt. Enorm ist die Steigerung des Humusgehaltes von 3,4 auf 12,4 %. Das C/N-Verhältnis hat sich kaum verändert und entspricht dem eines typischen Mullhumus.

Ganz extrem ist die Steigerung der Phosphatgehalte, wie sie allerdings bei so hohen Klärschlammgaben erwartet werden muß, wenn keine P-Auswaschung erfolgt. Das scheint nach überschlägiger Rechnung nicht der Fall zu sein. Bemerkenswert ist, daß das pflanzenverfügbare Phosphat (P<sub>CAL</sub>) nicht im gleichen Maß ansteigt wie das Gesamtphosphat (P<sub>Ges.</sub>).

Daß die Kaliumwerte im Gegensatz zu den P-Werten nicht gestiegen sind, entspricht der bekannten K-Armut der Klärschlämme (12).

### 2.2 Physikalische Kennwerte

Der Steingehalt hat sich aufgrund der mit der Beschlämmung einhergehenden Krumenvertiefung praktisch nicht geändert. Dagegen fällt das Trockenraumgewicht des Feinbodens mit zunehmender Beschlämmung als Folge der Humusanreicherung deutlich ab. Von der durch Klärschlamm aufgebrachten Menge an



Abbildungen 1, 2, 3:

Links : Ausgangsboden, ohne Beschlämmung

Mitte : Seit 1954 im 3-4jährigen Turnus intensiv beschlämmter Boden.  
Aufgebrachte Klärschlamm-Menge insgesamt ca. 400 t Trockensubstanz.

Rechts: Seit Eröffnung der Kläranlage (1925) regelmäßig beschlämmter Boden.  
Aufgebrachte Klärschlamm-Menge insgesamt ca. 800 t Trockensubstanz.

organischer Substanz sind überschlägig noch rund 50-60% erhalten.

Tabelle 2: Physikalische Kennwerte

Boden	Solum Tiefe cm	Steingehalt Vol. %	TRG	Organ. Substanz t/ha	Nutzbare Feldkapazität je dm Wurzelraum*
ohne KS	18	38	1,24	75	29
400 t KS	28	37	0,96	184	53
800 t KS	38	35	0,76	278	84

\*) Bezogen auf Solum, unter Berücksichtigung des Steingehaltes

Die Bodenart hat sich durch die Beschlämmung kaum verändert. Es handelt sich bei allen drei Böden um sandige bis sandig-tonige Lehme mit Tongehalten zwischen 25 und 30%.

Humusanreicherung und Krumenvertiefung haben bei den am stärksten beschlämmten Flächen fast zu einer Verdreifachung der Wasserspeicherfähigkeit geführt.

### 2.3 Steigerung der Ertragsfähigkeit

Die starke Erhöhung der nutzbaren Feldkapazität ist wahrscheinlich der Hauptgrund für die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit, wie sie im steigenden Ertragsniveau für die Leitfrüchte des Betriebes nach der seit 1952 geführten Erntestatistik zum Ausdruck kommt (Abb. 4).

Auf den ursprünglich kaum weizenfähigen Böden werden heute Weizenerträge zwischen 50 und 60 dt/ha geerntet. Die Wintergerste stieg in ihrem Ertragsniveau von 30 dt/ha Anfang der 50er Jahre auf annähernd 50 dt (Spitzenerträge > 60 dt).

Der weniger stickstoffverträglichen Sommergerste bekommt die starke Beschlämmung der letzten Jahre offensichtlich weniger gut. Dasselbe gilt auch für die Kartoffel, die aufgrund der etwa ab Mitte Mai einsetzenden starken N-Nachlieferung des Bodens zu ungeheurem Krautwuchs neigt, auf Kosten des Knollen- und Stärkeertrages. Die Stärkegehalte liegen im Vergleich zu unbeschlämmten Flächen um 1,0-1,5% niedriger. Ausgezeichnet gedeiht dagegen der Mais mit Kornerträgen bis zu 70 dt/ha.

Die Stickstoffdüngung bereitet, wie bei allen stark organisch gedüngten Böden, gewisse Schwierigkeiten.



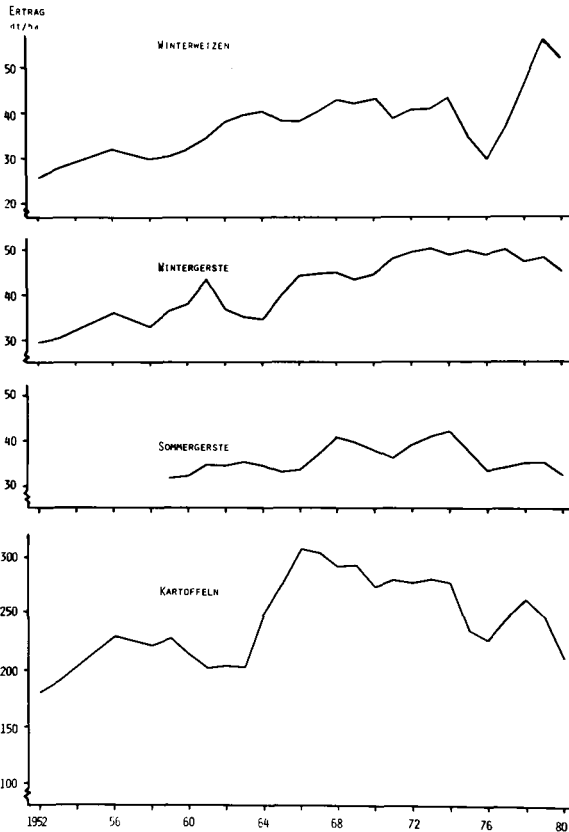


Abbildung 4: Entwicklung der Erträge des Städt. Gutes Großlappen von 1952 bis 1980 (gleitendes 3-Jahresmittel)

#### 2.4 Schwermetallbelastung

Die Kehrseite der bisher geschilderten, sehr positiven Klärschlammverwertung ist eine, die heute diskutierten Grenzwerte (6) weit übersteigende Schwermetallbelastung der Böden.

Tabelle 3: Schwermetallgehalte (mg/kg Boden, Gesamtgehalte)

Boden	Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Cd
ohne KS	4	11	8	5	24	0,5
400 t KS	214	1022	150	38	872	41
800 t KS	343	1863	175	51	1348	42

Auch diese sehr starke Schwermetallanreicherung hat die Ertragsfähigkeit der Böden offenbar nicht beeinträchtigt, wohl aber die Schwermetallgehalte in den Pflanzen ansteigen lassen, so daß, zumindest was das Element Cadmium betrifft, gewisse gesundheitliche Bedenken bestehen (5, 10).

Wie umfangreiche Untersuchungen gezeigt haben, nehmen die angebauten Feldfrüchte das Cadmium in sehr unterschiedlichen Mengen auf und reichern es in bestimmten Organen an. So enthalten im allgemeinen die vegetativen Organe mehr Cadmium als die generativen. Relativ viel Cadmium findet sich in den Körnern von Weizen, Wintergerste und Hafer, wenig in Sommergerste, Roggen, Mais und Kartoffelknollen (1, 2, 11).

### 3. Lösungsmöglichkeiten

Fußend auf diesen Untersuchungen hat die Sicherheitsbehörde inzwischen für die bekannten, stark Cd-belasteten Flächen eine Nutzungsbeschränkung erlassen, die den Verkauf von Mahlweizen und Hafer zu Nahrungsmittelzwecken verbietet. Gleichzeitig wurde die Ausbringung von Münchner Klärschlamm auf n nichtstädtische Flächen eingestellt.

Die Stadt München hat soeben eine Deponie eröffnet, auf der teilentwässert Klärschlamm mit Branntkalk gemischt in einen deponiefähigen Zustand gebracht wird. Später sollen zumindest Teile des Klärschlammaufkommens zusammen mit Müll verbrannt werden.

#### 3.1 Nutzung der kontaminierten Flächen

Die Probleme sind damit allerdings keineswegs gelöst. Von den Nachteilen der Deponie und Verbrennung abgesehen, bleibt immer noch das Erbe von rund 1000 ha stark schwermetallkontaminierter Ackerflächen, für die ein langfristiges Meliorations- oder Nutzungskonzept gefunden werden muß. Dabei ist von folgenden Sachverhalten auszugehen:

1. Die Schwermetallbelastung ist irreversibel und nimmt in überschaubaren Zeiträumen nicht nennenswert ab.
2. Eine Verdünnung der Schwermetallkonzentration durch Tieferpflügen ist bei der erreichten Pflugtiefe kaum noch möglich.

3. Ein Bodenaustausch kommt für eine Fläche dieser Größenordnung aus Kostengründen nicht in Betracht.

Es bleibt unter diesen Umständen nur die Möglichkeit, auf den kontaminierten Flächen Früchte mit geringer Cd-Anreicherung in den verkaufsfähigen Pflanzenteilen anzubauen, oder stärker Cd-haltige Ernteprodukte nicht unmittelbar für Nahrungszwecke zu verwenden. Beide Wege werden zur Zeit beschritten. Stärker Cd-haltige Getreidepartien - Bezugsbasis sind die Richtwerte '79 des Bundesgesundheitsamtes (5) - werden verfüttert, als Saatgetreide, zu Brau- oder Brennzwecken verwendet. Fütterungsversuche mit stark Cd-haltigen Futtermitteln haben ergeben, daß das Cadmium in den Muskeln praktisch nicht angereichert wird und auch in den Filterorganen Leber und Niere die Richtwerte des Bundesgesundheitsamtes (5) nicht erreicht, oder nur knapp überschritten werden (4, 7, 8).

Man kann also auf den kontaminierten Flächen mit gewissen Einschränkungen auch in Zukunft noch Landwirtschaft treiben, ohne die Gesundheit der Bevölkerung zu gefährden und - angesichts der gestiegenen Ertragsfähigkeit - aus der Beschlammung wirtschaftlichen Gewinn ziehen.

### 3.2 Melioration der kontaminierten Flächen

Unter diesen Gegebenheiten ist die Frage aufzuwerfen, ob es sinnvoll ist, die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung auf diesen Flächen einzustellen. Die Frage stellt sich um so mehr, als in der Zwischenzeit, ausgelöst durch den eingangs erwähnten "Klärschlammkandal", energische Schritte unternommen wurden, die Schwermetallbelastung des Klärschlammes zu reduzieren. Diese Bemühungen der Stadt München hatten den für eine Großstadt bemerkenswerten Erfolg, daß die Schwermetallgehalte heute wieder in Bereichen liegen, die eine landwirtschaftliche Klärschlammverwertung zulassen.

Tabelle 4: Rückgang der Schwermetallbelastung des Klärschlammes durch kommunale Sanierungsmaßnahmen und Beimischung von Branntkalk

	Cu	Zn	mg/kg TS		Pb	Cd
			Cr	Ni		
Klärschlamm 1976 (Ø von 4 Untersuchungen)	640	3490	560	157	3640	128
Klärschlamm 1980	561	2296	396	130	261	25
Kalk-Klärschlamm 1980	247	1080	123	66	231	16

Das gilt ganz besonders für den (derzeit für die Deponie bestimmten) Kalk-Klärschlamm, einem Gemisch von einem Teil Klärschlamm-Trockenmasse mit

0,7-0,8 Teilen Branntkalk.

Die Schwermetallgehalte in den Klärschlämmen liegen heute sogar zum Teil tiefer als in den beschlammten Böden. Daraus kann gefolgert werden, daß eine fortgesetzte Beschlämmung die Schwermetallbelastung der Böden nicht mehr erhöht, sondern eher senkt. Besonders ist dies von dem relativ schwermetallarmen Kalk-Klärschlamm-Gemisch zu erwarten. Noch stärker müßte der Kalk-Klärschlamm die Schwermetallaufnahme der Pflanzen senken, da diese pH-abhängig, d.h. im alkalischen Bereich deutlich vermindert ist (3). Zur Prüfung dieser Fragen wurde 1980 auf einer stark kontaminierten Fläche des Städtischen Gutes Großlappen ein umfangreicher Feldversuch mit 4 Beschlämmungsvarianten und 12 Früchten angelegt (sh. Übersicht), von dem abschließend einige Ergebnisse mitgeteilt werden sollen.

Übersicht:

Klärschlammversuch Großlappen - Versuchskonzept

Versuchsfrage: Entwicklung der Schwermetallgehalte in Boden und Pflanze bei fortgesetzter intensiver Beaufschlagung mit Klärschlamm und Kalk-Klärschlamm-Mischgut.

- Versuchsglieder: 1 = Hochbelastete Ausgangsfläche, keine weitere Beschlämmung
- 2 = 100 t Klärschlamm-TS/ha als Zentrifugenschlamm alle 4 Jahre
- 3 = 400 t Kalk-Klärschlamm-TS/ha entsprechend ~ 2,7 cm Auftrag ) einmalig zu
- 4 = 2000 t Kalk-Klärschlamm-TS/ha entsprechend ~ 13 cm Auftrag ) Versuchsbeginn

Versuchserträge: W.Weizen, W.Roggen, W.Gerste, W.Raps, S.Weizen, Hafer, S.Gerste, Weidelgras, Rüben, Mais, Klee, Kartoffeln

Die sehr hohen Schlammgaben wurden gewählt, um zum einen den erwarteten Meliorationseffekt zu erzielen, zum anderen, um zu prüfen, ob die bereits kontaminierten Flächen den anfallenden Klärschlamm ohne Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums aufnehmen können.

Tabelle 5: Veränderung der Schwermetallgehalte kontaminierter Böden (Klärschlammversuch Großlappen, 1981, Schwermetallgehalte in mg/kg, Gesamtgehalte, bezogen auf die Krume)

Versuchsglieder	Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Cd
1 Ausgangsfläche	319	1680	238	73	1568	49
2 100 t KS/ha	334	1845	255	80	1544	51
3 400 t Kalk-KS/ha	289	1610	210	68	1200	40
4 2000 t Kalk-KS/ha	317	1640	220	70	1356	45

Tabelle 5 zeigt die Schwermetallgehalte der Versuchspartellen ein Jahr nach Versuchsanlage. Die sehr hohe Belastung der Ausgangsfläche, wie sie für die stark beschlammten Flächen typisch ist, wird durch die 100-t-Gabe Zentrifugenschlamm nur noch geringfügig erhöht, durch die viel höheren Gaben Kalk-Klärschlamm erwartungsgemäß deutlich erniedrigt.

Noch deutlicher als die Böden zeigen die Pflanzen den Meliorationseffekt des Kalk-Klärschlamm-Mischgutes, wie dies auszugsweise am Beispiel der Cadmiumgehalte gezeigt wird.

Tabelle 6: Cadmiumgehalte verschiedener landwirtschaftlicher Kulturpflanzen (Klärschlammversuch Großblappen, Cadmiumgehalte in mg/kg Trockensubstanz

Versuchsglieder	Ernte 1980		Ernte 1981				
	Sommerweizen	Hafer	Weidelgras	Perserklee	Raps (Ges.Pfl.)	Sommerweizen	Winterweizen
1 Ausgangsfläche	1,71	1,51	1,35	4,90	2,75	3,1	1,9
2 100 t KS/ha			1,50	4,95	2,60	3,0	1,8
3 400 t Kalk-KS			1,14	2,45	1,70	1,7	1,3
4 2000 t Kalk-KS	1,15	0,95	0,93	2,80	1,85	1,7	1,2

Die bisher vorliegenden Werte bestätigen bei allen Früchten das bereits in einem Vorversuch 1980 angedeutete Ergebnis, daß durch die hohen Kalk-Klärschlammgaben die Cadmiumgehalte der Pflanzen je nach Pflanzenart um 30-50% gesenkt werden konnten.

### Schlußfolgerungen

Durch jahrzehntelange, intensive Klärschlammaufbringung im Norden Münchens wurden die dort vorherrschenden flachgründigen Pararendzinen aus Kalkschotter in ihrer Ertragsfähigkeit erheblich verbessert. Gleichzeitig erfuhren die Böden eine Schwermetallanreicherung, die weit über die diskutierten tolerierbaren Grenzwerte hinausgeht.

Einige darauf angebauten Getreidearten zeigen bedenkliche Cadmiumanreicherungen, die zu sicherheitsbehördlich verordneten Nutzungsbeschränkungen Anlaß gaben.

Ein Einfließen der Schwermetalle in die menschliche Nahrung läßt sich weitgehend verhindern, wenn Pflanzen mit geringer Cadmiumaufnahme angebaut werden bzw. belastete Ernteprodukte als Futtermittel, Saatgut, zu Brau- oder zu Brennzwecken verwendet werden.

Die Möglichkeit der Bodenmelioration durch Tieferpflügen ist bereits weitgehend ausgeschöpft. Für eine Melioration durch Verdünnung und Immobilisierung der Schwermetalle bietet sich das neuerdings anfallende Kalk-Klärschlamm-Mischgut an, nachdem aufgrund energischer Bemühungen der Klärschlamm in der Zwischenzeit "sauber" geworden ist.

Für eine mengenintensive Verwendung des Kalk-Klärschlamm-Mischgutes auf den bereits kontaminierten Flächen sprechen drei gewichtige Gründe:

1. Die Verminderung der Schwermetallaufnahme durch die Pflanzen,
2. die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und
3. die Einsparung von Energie, Deponieraum und Kosten.

Das hier vorgestellte Konzept der Klärschlammverwertung auf intensiv landwirtschaftlich genutzten Entsorgungsflächen bei gleichzeitiger Bodenverbesserung ist vermutlich auch für andere Ballungsräume aktuell und sollte in Erwägung gezogen werden, bevor die Weichen für eine kostenintensivere, nicht nutzenstiftende und weniger Umwelt-freundliche Lösung gestellt werden.

#### Literatur:

- 1 Diez, Th. und Rosopulo, A.: Schwermetallgehalte in Böden und Pflanzen nach extrem hohen Klärschlammgaben. - Landwirtschaft. Forsch., Sonderh. 33/I, 236 - 248, 1976
- 2 Diez, Th. und Rosopulo, A.: Schwermetallaufnahme verschiedener Getreidearten aus hochbelasteten Böden unter Feldbedingungen. - Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge, D. Reichel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 707 - 717, 1980
- 3 Herms, U. und Brünner, G.: Der Einfluß des pH-Wertes auf die Löslichkeit von Schwermetallen in Böden und Komposten. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 139 - 142, 1977
- 4 Hofmann, P, Kögel, J., Knöppler, H. O. und Rosopulo, A.: Untersuchungen zum Übergang von Cadmium aus natürlich kontaminierten Futtermitteln auf das Tier. 2. Mitteilung: Cd-Retention in Geweben und Organen sowie Cd-Umsatz bei Mastrindern. - Landwirtschaft. Forsch., Kongreßband 1980 (im Druck)
- 5 Käferstein, F. K. e. a.: Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. - ZEBs-Berichte 1/1979, Schriftenreihe der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien des Bundesgesundheitsamtes, D. Reimer Verlag, Berlin, 1979
- 6 Kloke, A.: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente im Kulturboden. - Mitt. des Verbandes Dtsch. Landwirtschaftl. Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Heft 2, 32 - 38, 1977

- 7 Kögel, J., Hofmann, P., Rosopulo, A. und Knöppler, H. O.: Untersuchungen zum Übergang von Cadmium aus natürlich kontaminierten Futtermitteln auf das Tier. 1. Mitteilung: Cd-Retention in Muskel, Leber und Niere sowie Cd-Umsatz bei Mastschweinen bei Verfütterung von Weizenprodukten mit erhöhtem Cd-Gehalt. - Landwirtsch. Forsch., Kongreßband 1980 (im Druck)
- 8 Kögel, J., Hofmann, P., Rosopulo, A. und Knöppler, H. O.: Untersuchungen zum Übergang von Cadmium aus natürlich kontaminierten Futtermitteln auf das Tier. 3. Mitteilung: Retention von Cadmium in Muskel, Leber und Niere von Mastlämmern. - Landwirtsch. Forsch., Kongreßband 1980 (im Druck)
- 9 N. N.: Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte. - DVWK, Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 116, 1981 (im Druck)
- 10 N. N.: Luftqualitätskriterien für Cadmium. - Umweltbundesamt, Bericht 4/77, 1977
- 11 Rosopulo, A. und Diez, Th.: Die Anreicherung von Schwermetallen verschiedener auf kontaminierten Böden angebaute Pflanzen. - Landwirtsch. Forsch., Kongreßband 1981 (im Druck)
- 12 Schmid, G., Rosopulo, A., Süß, A., Diez, Th., Born, H. J. und Stärk, H.: Grundsatzfragen zur Lösung von Umweltproblemen. Mitteilung I: Untersuchungen über die Nährstoff- und Schadstoffgehalte von verschieden aufbereitetem Klärschlamm im Hinblick auf die pflanzliche Produktion. - Bayer. Landwirtsch. Jahrbuch, 55. Jg, H.7, 877 - 894, 1978

Amelioration and contamination of soils caused by very high amounts of sewage sludge in the vicinity of big cities and possibilities of their future use

Due to intensive application of very high amounts of sewage sludge in the north of Munich, the shallow soils derived from limestone gravel were improved considerably.

At the same time heavy metal contents exceeded the tolerable marginal values in discussion by far.

It is reported about the changes of the physical and chemical properties of the soils brought about by sludge emphasizing the effect of the high heavy metal contents on plant growth.

The high uptake of Cd by wheat, winter barley and oats especially seems to be objectionable. Thus the increased level of yield corresponds to a loss of food-quality.

Consequences for an unobjectionable land use are growing plants with little uptake of heavy metals, use of products as forage and technological use of the most contaminated products.

With the sewage sludge available, stabilized by lime, it is possible to lower the heavy metal contents in soils as well as in plants and also to increase soil-productivity.





GEHALT AN SCHWERMETALLEN IM STANDORT  
NACH DÜNGUNG MIT SIEDLUNGSABFÄLLEN

von

RYSZARD TURSKI<sup>†</sup>)

Die in schnell wachsenden Mengen anfallenden Industrie- und Haushaltsabfälle sowie Abwässer können infolge hoher Schwermetallgehalte bei unrationeller Beseitigung oder Lagerung auf Deponien die Umwelt beeinträchtigen. Sie enthalten aber auch reichlich organische Substanz und für die Pflanzen wichtige Makro- und Mikroelemente. Daher wurden Versuche gemacht über die Bodendüngung mit Klärschlamm städtischer Abwässer, die wegen der Transportkosten in oder nahe von Städten beseitigt werden.

Weil kommunale Schlämme ohne industrielle Beimengungen selten sind und der Bleigehalt rasch zunimmt, wählten wir einen Schlamm mit pH 6.8 und

org. Subst., CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sowie Cu, Pb und Zn

48.5	15.8	0.4	2,49	1,78%	89	2138	2399 ppm in der
							Trockenmasse

aus. Mit ihm düngten wir entsprechend einem Programm des Instituts für Ökologie und Umweltschutz einen sandigen (1-3% Ton), humusarmen (0.68%) und sauren (pH 4.2) vorher nicht landwirtschaftlich genutzten Podsol auf 50 m<sup>2</sup>-Parzellen in den Dosen 0, 50, 100, 200, 300, 500, 750 und 1000 t/ha (mit 90% H<sub>2</sub>O), frästen 25 cm tief und bauten Kartoffeln sowie eine Grasmischung an.

Ermittelt wurden Erträge und - emissionsspektrographisch - die Schwermetallgehalte in Böden, Pflanzen sowie Lebern von Ratten, denen 30 Tage Kartoffeln aus den Versuchen als Grundfutter verabreicht wurden. Die Analysendaten wurden statistisch ausgewertet.

Die Schlammdüngung steigerte die Gras- und Kartoffelerträge, letztere ungefähr proportional zu den Dosen bis 500 t/ha. Diese positive Wirkung entspricht vielen Angaben in der Literatur. Wichtig sind aber Dosis und Frequenz der Düngung und damit die

<sup>†</sup>) Prof. Dr. R. Turski, Institut für Bodenkunde und Bodenchemie der Landwirtschaftlichen Akademie, Lublin, Polen.

Risiken einer Kontamination von Standorten mit toxisch wirkenden Stoffen, insbesondere mit Schwermetallen.

Die Schwermetallgehalte der Böden stiegen - entsprechend vielen Angaben in der Literatur - vornehmlich in Horizonten, in die die Klärschlämme eingemischt wurden, jedoch nicht proportional zu deren Dosis (s. Abb. 1). Aus der statistischen Analyse ergab sich eine deutliche Steigerung der Cu- und Pb-Gehalte bei 500 t Klärschlamm/ha. Jedoch nahmen die Krümen-Gehalte bis 1978 signifikant wieder ab, was bei Cu auf Auswaschung löslicher organischer Komplexe und bei Pb auf Bildung flüchtiger Verbindungen unter aeroben Verhältnissen in Schlamm-Aggregaten zurückgeführt werden kann.

In den Kartoffelknollen stiegen die Gehalte an Pb weder signifikant noch sichtbar an (s. Abb. 2), die an Zn etwas und an Cu wesentlich. In Gräsern (bei Blühbeginn) wurden höhere Gehalte an Zn und Cu gefunden, was die Beobachtungen von Bolton (1975) bestätigt. Nach 3 Jahren fielen die Schwermetallgehalte deutlich ab und lagen kaum höher als in Pflanzen aus Böden ohne Klärschlammdüngung.

Auch in den Lebern der Versuchstiere waren die Gehalte an Pb nicht signifikant verschieden, die an Cu im Falle der mit Kartoffeln aus hochgedüngten Parzellen gefütterten Tiere jedoch deutlich verringert. Das kann das Verhältnis zu anderen wichtigen Elementen (z.B. Zn) stören, was nach Flinn et al. (1975) und Klevay et al. (1975) nachteilig für den Stoffwechsel für Tier und Mensch ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß Klärschlamm als Bodendünger zu verwenden ist, wenn 300-500 t/ha nicht überschritten werden (was mit Ergebnissen von Cunningham et al., 1975, übereinstimmt). Offen bleibt dabei jedoch die Frage nach der Schwermetallkontamination von anderen Umweltelementen (Wasser, Luft).

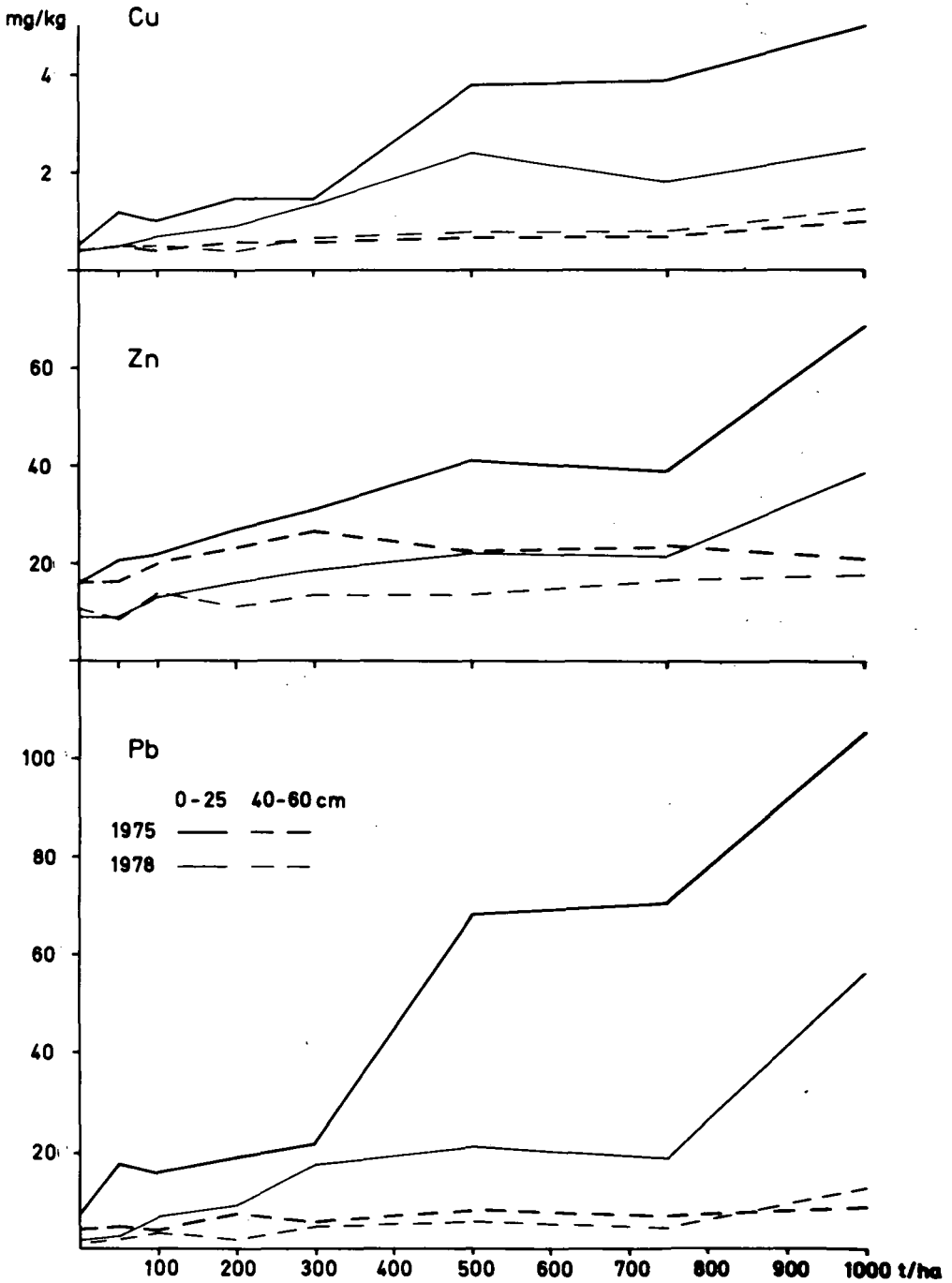


Abb. 1: Schwermetallgehalte eines Sandbodens nach Klärschlamm-Düngung

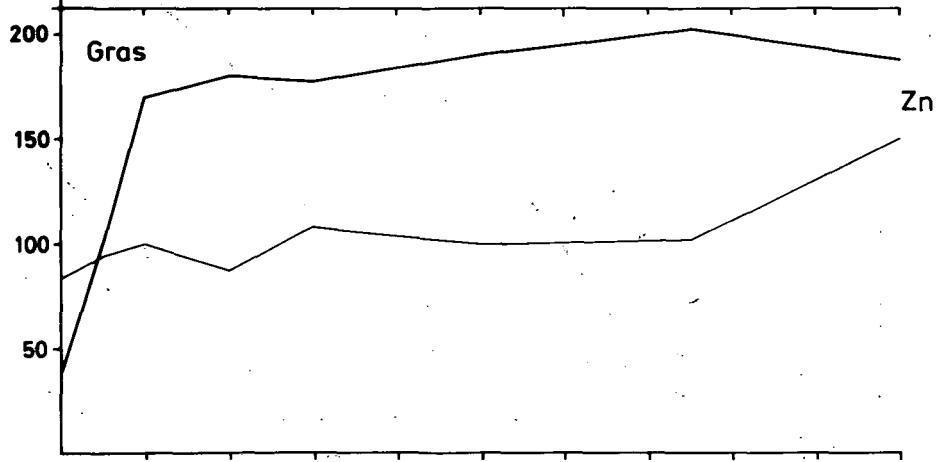
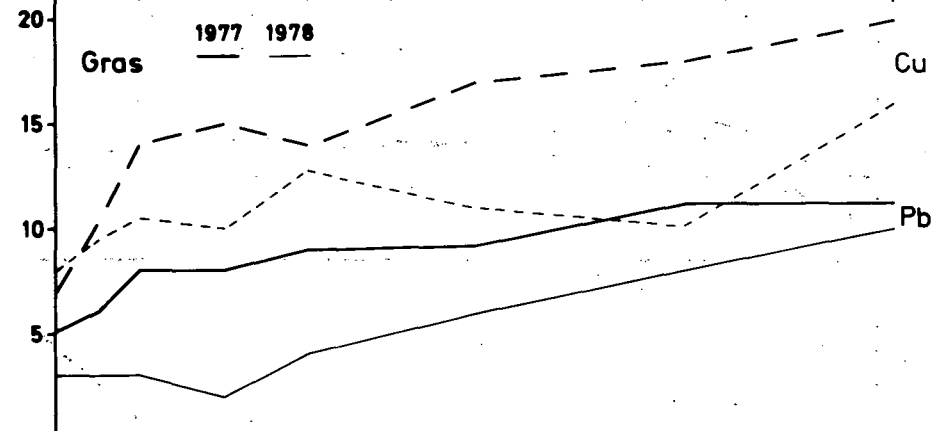
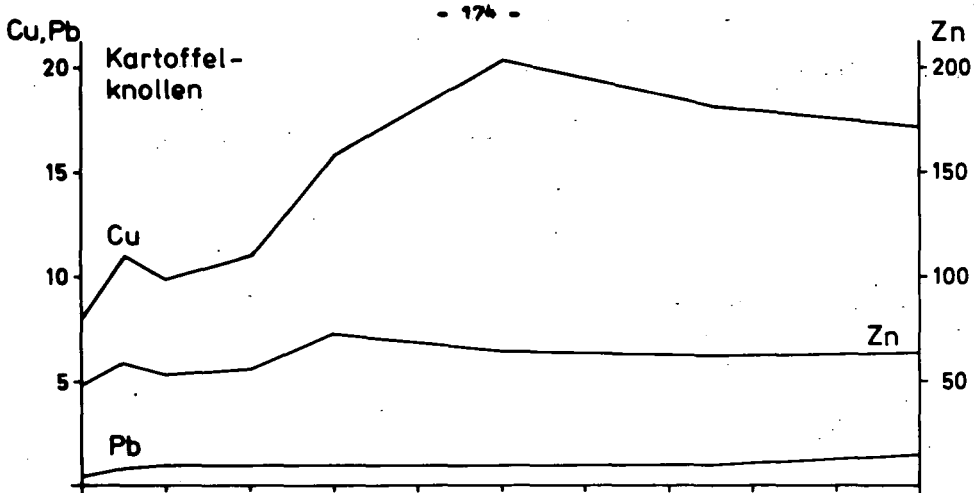


Abb. 2: Schwermetallgehalte (mg/kg) von Pflanzen auf einem klärschlammgedüngten Sandboden

Literatur

BOLTON, J.: Liming effects on the toxicity to perennial ryegrass of a sewage sludge contaminated with zinc, nickel, copper and chromium. Environmental Poll, t. 9, no 4, 295-304, 1975.

CUNNINGHAM J.D. and oth.: Yield and metal composition of corn and rye grown on sewage sludgeamended soil. J. Environ Qual nr. 4, 448-454, 1975.

FLINN, A. and oth.: Copper and zinc with ablative endocrine surgery in breast cancer. Trace Subst. Env. Health 9, 427-439, 1975.

KLEVAY, L.M. and oth.: A ratio of zinc to copper of cholesterol lowering diets. Trace Subst. Env. Health 9, 131-138, 1975

Heavy metal contents in sites  
after fertilization with sewage sludge

Contents of Pb, Cu and Zn were investigated in the fertilized soil as well as in plants and animals in order to test the possible use of the wastes and to determine the appropriate doses.

A sandy podzol was supplied with sludges from urban and industrial sewage waters in doses of 0, 50, 100, 200, 300, 500, 750 and 1000 t of dry matter/ha. In the first and second year after application the contents of Pb, Cu and Zn in the treated soils, in potato tubers and in the grasses as well as in the livers of rats were analyzed by emission spectrography.

The yields were increased by the waste application up to 500-600 t/ha.

The soil contents of the elements tested were clearly increased, statistically significant, however, only up from 500 t/ha. It must be emphasized that all contents decreased substantially in the second year.



### BODENNUTZUNG IN VERDICHTUNGSRÄUMEN

Die natürliche Funktion von Böden, Lebensraum für Organismen und damit Wurzelraum für Pflanzen zu sein, ist in städtischen Verdichtungsräumen stark eingeschränkt. Böden dienen hier nämlich zunächst als Unterlage für Gebäude, Industrieanlagen, Straßen- und Bahnkörper usw., und sind damit versiegelt, d.h. kaum noch belebt. Außerdem dienen sie der Deponierung fester und flüssiger Abfälle. Somit verbleiben oft nur kleine Flächen naturnaher Nutzung als Vor- und Hausgärten, straßenparallele Grünstreifen, Parks und Friedhöfe, Sport- und Spielplätze sowie Kleingärten und Gärtnereien. Andererseits bestimmen diese Flächen weitgehend die Lebensqualität der Bevölkerung einer Stadt, weil nur deren Böden die Entwicklung eines Anregung, Erholung und Gesundheit spendenden Grüns ermöglichen und weil diese Böden als Filter einer Grundwassererneuerung dienen, die vielfach erst eine ausreichende Versorgung der Stadt mit Gebrauchs- und Trinkwasser gewährleistet.

Innerstädtischem Grün kommt vor allem auch eine wesentliche klimatische und lufthygienische Bedeutung zu. Durch Straßenbäume, vor allem aber durch Parkanlagen und Privatgärten werden z.B. Schadstoffe abgefiltert, wird Luft durch Transpiration kühl gehalten, damit auch die Luftzirkulation gefördert, und wird Schatten gespendet. Diese Funktionen können nur gesunde Bestände voll erfüllen, an denen es aber u.a. infolge unzureichender Bodenverhältnisse oft mangelt. Gleiches gilt für intensiv genutzte Sport- und Spielflächen, deren Rasen nur bei günstigem Wasser-, Luft- und Nährstoffangebot im Wurzelraum strapazierfähig ist und bleibt.

Freiflächen des Stadtrandes dienen nicht nur der Naherholung, sondern teilweise auch der Erzeugung hochwertiger Nahrung, z.B. von Frischgemüse sowie dem Anbau von Zierpflanzen mit oft hohen Standortansprüchen. Dem steht eine stärkere Belastung durch Schadstoffe der Stadt selbst und ihrer Abfalldepositionen, durch Grundwasserentnahmen sowie mechanische Schäden der Freizeitnutzung als im weiteren Umland entgegen.

### Use of Soils of High Density Areas

The natural function of soils as an environment for organisms and a rooting space for plants, is greatly limited in urban areas. Here, soils serve chiefly as a base for buildings, industrial installations and streets, and as a deposit site for solid and liquid wastes. Thus, often only small areas remain for more natural uses in the form of parks, green strips next to streets, garden plots and commercial gardening, arable land, and cemeteries. On the other hand, the quality of life in a city depends decisively on these areas; only such natural soils allow the development of green vegetation which, in turn, guarantees stimulation, rest and good health. Furthermore, these soils serve as a filter for ground water renewal, which is often a prerequisite for a sufficient supply of usable water for the city.

Green areas in the urban landscape, because of the climatic and air, are hygienic burden on built-up areas, particularly important. Trees of roadsides, parks, and private gardens filter dust, cool the air (by water transpiration) and improve air circulation and give shadow. Only healthy trees can fulfill these functions and they are often missing due to poor soil conditions.

The lawn of intensively used sport fields and play grounds can recover and survive only if roots get sufficient water in dry and air in rainy periods. This requires either expenses for irrigation and drainage or on the quality of the soils: their water and air capacity, and their nutrient status.

Green areas of the periphery are used not only for recreation, but also for the production of vegetables and flowers requiring good soil conditions. And especially these sites are more contaminated by air emissions than those farther away.



Probleme der Bodenfruchtbarkeit in Ballungsräumen

von

D. Sauerbeck\*

1. Einleitung

Umweltschutz und Umweltsicherung müssen dafür sorgen, daß die von Pflanzen und Tieren belebte Natur auch im Umkreis unserer ständig wachsenden Siedlungs- und Verdichtungsräume in ausreichendem Umfange erhalten bleibt. Eine entscheidende Voraussetzung hierfür sind die natürlichen Bodenfunktionen als Pflanzenstandort, unabhängig davon, ob dieser Boden Grundlage eines naturbelassenen Schutzgebietes, eines durch landbauliche Maßnahmen beeinflussten Agrarökosystems oder eines zu Erholungs- und Wohlfahrtszwecken künstlich umgestalteten Biotopes ist.

Allerdings sind die Anforderungen an das, was man gemeinhin mit dem Begriff "Bodenfruchtbarkeit" zu umschreiben pflegt, je nach Ausgangslage und Verwendungszweck sehr verschieden. Als "Fruchtbarkeit" bezeichnet man üblicherweise die Fähigkeit eines Bodens, den Pflanzenwurzeln aufgrund ganz bestimmter, teils physikalischer, teils chemischer oder auch biologischer Eigenschaften als Standort zu dienen und durch Vermittlung von Wasser, Luft und Nährstoffen die erforderlichen Lebensbedingungen zu verschaffen (Sauerbeck 1981 a). Im landbaulichen Sinne gilt ein Boden als um so fruchtbarer, je besser er diese Aufgabe entweder bereits von Natur aus erfüllt oder auf bodenverbessernde Aufwendungen reagiert, das heißt praktisch, je höher und qualitativ besser die auf diese Weise erzielten Pflanzenerträge langfristig sind.

Für den Land- und Gartenbau ergibt sich aus dieser Tatsache die Notwendigkeit, die von der Natur vorgegebene Fruchtbarkeit ihrer Flächen durch regelmäßige Kulturmaßnahmen der verschiedensten Art mindestens zu erhalten oder sie, soweit wirtschaftlich möglich, weiter zu steigern. Noch größere, im ökonomischen Sinne zwar meist "unwirtschaftliche", aber aus Gründen der aktiven Umweltgestaltung dennoch notwendige bodenverändernde Eingriffe leistet in Siedlungsgebieten der Landschaftsbau. Grundsätzlich muß sich jedoch auch dieser, jedenfalls da, wo es um größerflächige Landschaftsgestaltung geht, an den durch die Natur gegebenen

---

\* Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Bundesallee 50, 3300 Braunschweig

Bodenbedingungen orientieren. Aus diesem Grunde ergeben sich Probleme der Bodenfruchtbarkeit im weiteren Sinne vielfach auch dort, wo siedlungsbauliche oder infrastrukturelle Bedürfnisse gegenüber den unmittelbar fruchtbarkeitsabhängigen Landbauaspekten ganz eindeutig im Vordergrund stehen.

Allerdings vollziehen sich anthropogene Einflüsse auf die Bodenfruchtbarkeit gerade in Ballungsräumen keineswegs nur im positiven Sinne einer gezielten Agradierung, sondern leider auch in umgekehrter Richtung auf eine allmähliche oder gar räsch voranschreitende Bodendegradation. Dies gilt bedauerlicherweise selbst für solche peripheren Gebiete, deren Böden und Pflanzengesellschaften man entweder ihrer beschränkten Nutzungsfähigkeit wegen oder aus landschaftspflegerischen Gründen gar nicht verändern sondern im Gegenteil soweit wie nur möglich in einem naturnahen Zustande erhalten möchte. Auch auf diese Landschaftsbereiche wirken sich nämlich benachbarte Ballungsräume oft nachteilig aus, weil einzelne von dort ausgehende Effekte bis weit in das Umland hinein den einen oder anderen Standort- bzw. Bodenfaktor so stark beeinflussen können, daß das Ökosystem aus dem Gleichgewicht kommt und seine ursprüngliche Eigenart allmählich verliert.

Wenn man von den absoluten, durch die städtische Oberbauung eintretenden Bodenverlusten hier einmal absieht, so sind die von Ballungsräumen auf die Umwelt ausgehenden anthropogenen Belastungen meistens physikalischer oder chemischer Art (Kloke 1969, 1972, 1980). Dementsprechend wirken sich diese auch im Boden zunächst auf dessen physikalische oder chemische Eigenschaften und erst mittelbar auch auf das dort vorhandene Leben und die hierdurch verursachten Umsetzungen aus. Um die ganze komplexe Vielfalt dieser Effekte zu beschreiben, reicht die verfügbare Vortragszeit keinesfalls aus. Deshalb können an dieser Stelle nur einige - allerdings besonders schwerwiegende - Probleme der Bodenfruchtbarkeit in Ballungsgebieten herausgegriffen und unter Bezug auf das im Laufe dieses Symposiums noch zu Besprechende bzw. in Exkursionen Gezeigte umrissen werden.

## 2. Physikalische Belastungen durch Druck

Eine erste extreme "Belastung" im wahrsten Sinne des Wortes erfährt der Boden in Ballungsgebieten vielfach schon bei deren Entstehung unter dem Gewicht zahlreicher Baufahrzeuge. Naturgemäß pflanzt sich ein physikalischer Druck auf die Bodenoberfläche, wenn auch mit abnehmender Intensität, auch nach unten hin fort. Bei Ackerfahrzeugen, insbesondere bei Schleppern, wird dieser Tatsache konstruktiv durch die Verwendung spezieller Reifen Rechnung getragen, welche die Last auf eine möglichst große Oberfläche verteilen sollen (Hartge u. Sommer 1979). Dennoch hat der moderne Maschinenverkehr selbst auf landwirtschaftlichen Flächen häufig besorgniserregende Bodenverdichtungen zur Folge. Dies läßt sich sehr eindrucksvoll makro- und mikroskopisch belegen (Sommer et al. 1981). In der Stadt aber führen die schweren Lastfahrzeuge und Baumaschinen aufgrund schmaler Reifen, langwährender Belastung und starker Vibrationen vor allem bei schluffreichen und nassen Böden

häufig zu ganz besonders tiefreichenden Zerstörungen der natürlichen Bodenstruktur, welche durch das nachfolgende Auffüllen mit Mutterboden meist nur verschleiert, aber selbst durch eine oberflächliche Bodenlockerung nicht mehr ausreichend behoben werden.

Schlimmer noch ist es, wenn aus Gründen der bequemerer Zugänglichkeit von Baustellen Teile der ursprünglichen Krume nicht vorher entfernt sondern befahren, verdichtet und anschließend möglicherweise auch noch mit anderem Boden überdeckt werden. Derart vergrabene Krumenschichten sind nicht nur besonders dicht, sondern aufgrund ihrer sekundären Überdeckung und eigenen Undurchlässigkeit auch noch schlecht durchlüftet. Als unvermeidliche Folge entwickeln sich dort anaerobe Abbauprozesse, die ihrerseits zur Bildung pflanzenschädlicher Umsetzungsprodukte führen. Auch das Niederschlagswasser passiert solche verdichteten Stellen wesentlich langsamer, so daß derart mißhandelte Böden besonders leicht vernässen, was ihre Fähigkeit Pflanzen zu tragen zusätzlich verschlechtert. Sehr viele Gartenbesitzer, aber auch Stadt- und Landschaftsgärtner sind hiervon betroffen, wenn ihre Pflanzen trotz guter Düngung und Krumenpflege nicht richtig gedeihen, und zwar letzten Endes nur deswegen, weil deren Wurzeln nicht mehr in tiefere Bodenzonen vordringen können.

### 3. Physikalisch-chemische Schäden durch Streusalz

Eine physikalische und chemische Schädigung erfahren die verkehrsbeeinflußten Böden ferner durch den in den vergangenen Jahrzehnten aus Sicherheitsgründen ständig gewachsenen Einsatz von Streusalz. 20 kg Salz pro laufenden Meter einer vierbahnigen Schnellstraße im Laufe eines einzigen Winters waren in den vergangenen Jahren keine Seltenheit. Unterstellt man davon eine nur 50%ige Abschwemmung, so ergibt sich für den beiderseitigen Randbereich eine Salzbelastung von durchschnittlich 1 kg Natriumchlorid je m<sup>2</sup>. Im Vergleich zu der üblichen Kalidüngung ist dies rund 40mal mehr, und dazu noch in einer Salzform, die sowohl für die betroffenen Böden als auch für die darauf gewachsenen Pflanzen ausgesprochen schädlich ist (Kloke 1969).

Ein Teil dieses Streusalzes, insbesondere das unmittelbar pflanzenschädliche Chlorid, wird zwar durch die nachfolgenden Niederschläge ausgewaschen und hierdurch allmählich unschädlich gemacht. Das Natrium aber wird teilweise durch die Ton- und Humusbestandteile des Bodens sorbiert, und zwar im Austausch gegen andere, für die Ernährung der Pflanzen wichtige Elemente, welche dann ihrerseits durch Auswaschung verlorengehen. Gleichzeitig verliert dieser Boden mit zunehmender Natriumsättigung seine ursprüngliche Krümelstruktur, das heißt er verdichtet und verschlämmt, so daß die betroffenen Pflanzen sowohl durch diese Strukturverschlechterung als auch durch den salzinduzierten Mangel an Nährstoffen und nicht zuletzt auch durch das verwendete Streusalz selbst von Jahr zu Jahr schlechtere Wachstumsbedingungen finden (Brod 1979).

Dies trifft natürlich in besonderer Weise die Pflanzen in unmittelbarer Fahrbahnnähe, und das allmähliche Absterben oder Dahinkümmern von mehreren hunderttausend Straßenbäumen alleine in der Bundesrepublik Deutschland ist hierfür ein beredtes Zeugnis. Die Kosten für salzabweisende Randsteine, für heilende Düngungsmaßnahmen und fragwürdige Neuanpflanzungen sind ganz enorm, und es kann eigentlich gar kein Zweifel daran bestehen, daß es so auf die Dauer nicht weitergehen darf. Dies gilt vor allem für Ballungsgebiete, weil nämlich die städtische Straßenbepflanzung außerdem auch noch unter dem Schwefeldioxyd aus der Luft zu leiden hat, und weil sich die jeweiligen Schadwirkungen aus beiden Ursachen gegenseitig verstärken (Cornelius 1980).

#### 4. Luftverunreinigungen und saurer Regen

Dieses soeben erwähnte Schwefeldioxyd ist eine der wichtigsten Luftverunreinigungen, wovon es jedoch darüberhinaus noch einen wahren Hexenabsud zahlreicher anderer Komponenten gibt. Kloke hat bereits im Jahre 1972 von insgesamt mehr als 50 Einzelbestandteilen 11 als für Boden und Pflanze besonders wichtig hervorgehoben, aber inzwischen wurde diese Liste aufgrund jüngerer Erkenntnisse noch beträchtlich erweitert. Die drei entscheidenden Verursacher aller dieser Schadstoffemissionen sind Siedlungen, Industrie und Verkehr, deren jeweilige Bedeutung zwar von Stoff zu Stoff variiert, die einander aber in dem Gesamtausmaß ihrer Beteiligung nicht wesentlich nachstehen (Kloke 1980). Da nun alle 3 Hauptemittenten ihre größte Dichte jeweils in Ballungsgebieten aufweisen, ist logischerweise auch die Konzentration aller in der Luft - und nebenbei hier schon bemerkt auch im Abwasser - befindlichen Schadstoffe innerhalb dieser Zentren mit Abstand am höchsten. Als Folge der natürlichen Luftbewegung sind jedoch darüberhinaus auch die Randzonen erheblich betroffen, und bei einigen Emissionen müssen wir sogar mit einer den ganzen Kontinent umfassenden Verfrachtung rechnen (Kloke 1975, Hutchinson u. Havaş 1980).

Grundsätzlich nimmt jedoch die Konzentration an Luftverunreinigungen mit zunehmender Entfernung vom Emittenten ab, so daß sich die Frage erhebt, wie groß die durch Ballungsgebiete beeinträchtigte Fläche in Wirklichkeit ist. Hierzu hat Kloke (1980) ausgeführt, daß über die eigentlichen Ballungszentren hinaus stets noch ein ungefähr 3 km breiter Randgürtel unter massiver Beeinflussung steht, und daß oft bis zu 10 km Entfernung noch eine Zunahme der Schadstoffgehalte von Luft, Pflanzen und Böden feststellbar ist. Als Folge kraftfahrzeugbedingter Emissionen ergibt sich eine entsprechende Abstufung auch im Bereich von Verkehrswegen, daß nämlich ein beiderseits ungefähr 50 m breiter Randstreifen deutlich und ein weiterer 50 m-Streifen noch meßbar durch Schadstoffe belastet sein kann. Unmittelbar immissionsgefährdet sind demnach also die Böden der Ballungszentren selbst und in einem Umkreis von etwa 3 km sowie zusätzlich je 50 m beiderseits verkehrsreicher Straßen. Diese Randbereiche aber entsprechen ungefähr 7 % unseres gesamten Staatsgebietes,

und man muß daher annehmen, daß auch annähernd 7 % aller landwirtschaftlichen und gärtnerischen Nutzflächen in dieser von Ballungsgebiets-Emissionen beeinflussten Zone liegen (Kloke 1975).

Der überwiegende Teil aller Luftemissionen stammt aus Verbrennungsprozessen, weil der Verbrauch fossiler Energieträger in den vergangenen Jahrzehnten exponentiell zugenommen hat. Auf diese Weise entweichen zur Zeit, auf die gesamte Bodenfläche unseres Landes umgerechnet, ungefähr 80 - 100 kg Schwefel pro ha und Jahr in die Luft, wovon ungefähr 86 % auf die Verbrennung von Kohle und Öl und nur die restlichen 14 % auf industrielle Prozesse zurückzuführen sind (Anonym 1980, Hutchinson u. Havas 1980). Besonders erschreckend ist hierbei die Tatsache, daß weltweit mehr als 90 % dieser Schwefeldioxydemissionen auf der nördlichen Erdhalbkugel entstehen und mit dem Staub und den Niederschlägen größtenteils auch dort in den Boden gelangen. Außerdem ist das Schwefeldioxyd selbst nur zu etwa 2/3 an diesem heute zumeist als "saurer Regen" bezeichnete Phänomen beteiligt, weil durch Verbrennungsprozesse auch noch andere Säuren entstehen (Anonym 1980).

Was nun die spezielle Wirkung dieses sauren Niederschlages auf Böden betrifft, so besteht diese naturgemäß primär in einer je nach Emissionsumfang und Bodenmaterial mehr oder minder rasch fortschreitenden Basenverarmung, die dann als solche zu mancherlei sekundären Effekten führt. Hierzu gehört beispielsweise als Folge der Bodenversauerung eine zunehmende Hemmung mikrobieller Umsetzungsvorgänge im Boden und eine nicht minder ernsthafte vermehrte Auswaschung von für die Bodenfruchtbarkeit maßgeblichen Pflanzennährstoffen (Hutchinson u. Havas 1980).

Ein allmählicher Basenverlust durch Auswaschung mit dem Sickerwasser findet in Böden des humiden Klimabereiches zwar schon immer statt, was im Land- und Gartenbau schon seit altersher zu einer gelegentlichen Kalkzufuhr zwingt. Durch die vom Menschen verursachten Schwefelmissionen wird jedoch diese natürliche Bodenentbasung über große Gebiete hinweg ganz erheblich vermehrt. Da aber der Säureniederschlag in stadtfernen Gebieten, wenn auch als solcher noch schlimm genug, deutlich unter dem Durchschnitt liegt, dürfte der Effekt in den eigentlichen Ballungsräumen noch weitaus größer sein, wenn dieser auch im allgemeinen durch Maßnahmen der Kalkung und Düngung noch kompensiert werden kann. Mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln kaum noch kompensierbar sind demgegenüber aber schon heute die Säureschäden im Wald, zumal dieser häufig ohnehin schon auf vergleichsweise sauren und basenarmen Böden steht. Eine Störung des ökosystemaren Gleichgewichts durch zusätzliche Bodenversauerung bringt dort eine ganze Kette chemischer, physikalischer und biologischer Prozesse in Unordnung, was letzten Endes den Fortbestand zahlreicher Waldungen nicht nur in Stadtnähe sehr ernsthaft in Frage stellt (Ulrich et al. 1980).

## 5. Schwermetalle aus Industrie und Verkehr

Daß gerade die Wälder in besonderer Weise durch Luftimmissionen gefährdet sind, hängt u. a. mit der außerordentlich wirksamen Filterfunktion derartiger Pflanzenbestände zusammen. Dies führt z. B. neuerdings auch zu einer ganz erschreckenden Anhäufung luftgetragener Schwermetalle in der Humusaufgabe von Waldböden, deren Ausmaß mindestens stellenweise bereits den mikrobiellen Abbau und damit den notwendigen Stoffkreislauf solcher naturnahen Ökosysteme hemmt (Mayer 1981). Leider sind diese Schwermetalle nur teilweise industriellen Emittenten zuzuordnen, sie geraten vielmehr größtenteils mehr oder minder diffus aus den Ballungsgebieten in die Umwelt. Das vielzitierte Cadmium ist in diesem Zusammenhang zur Zeit zwar besonders aktuell, aber letztlich doch nur ein Element unter vielen (Umweltbundesamt 1981).

Zweifellos hat allerdings vor allem die Nichteisen-Metallindustrie viele Jahre lang örtlich besonders große Schäden verursacht. So haben beispielsweise Jahresimmissionsraten von 20 - 90 g Cd/ha mit der Zeit in der Nachbarschaft der Hüttenwerke Nordenham zu einer besorgniserregenden Cadmium-Anreicherung in Böden und Pflanzen geführt (Umweltbundesamt 1977). Außerdem waren dort auch die Bleigehalte in Futterpflanzen zeitweilig schon so hoch, daß die hiermit ernährten Tiere erkrankten und gelegentlich sogar starben (Vetter u. Meyer 1978). Glücklicherweise beginnen zwar im Hinblick auf das Ausmaß derartiger Industrieemissionen die Umweltsetze allmählich zu greifen. Was sich aber in der Umgebung von Nordenham, Stolberg und Goslar, um nur diese 3 Namen zu nennen, inzwischen an Schwermetallen im Boden angehäuft hat, ist praktisch nicht wieder rückgängig zu machen und nur durch den Erlaß von Anbau- bzw. Nutzungsbeschränkungen hinreichend zu kontrollieren.

Zu den diffusen Schwermetallquellen zählt außerdem nach wie vor maßgeblich der Kraftfahrzeugverkehr. Zwar wurden die Folgen hoch bleihaltiger Kraftstoffe inzwischen hinreichend erkannt und durch das Benzin-Blei-Gesetz gemildert. Das ganz große Problem jeder Emissionsreduzierung ist nur, daß auf diese Weise zwar der Zeitraum bis zur Erreichung eines noch akzeptablen Höchstgehaltes verlängert, eine allmähliche Akkumulation der betreffenden Schadstoffe im Boden aber nicht grundsätzlich verhindert wird. Statt der in den 60er Jahren erwarteten Verdopplungsfrist von rund 20 Jahren (Kloke 1969) dauert dies künftig vermutlich zwar länger, jedoch schreitet die Bleikontamination straßennaher Böden auch heute noch fort. Glück im Unglück ist hierbei allein die Erkenntnis, daß Pflanzen das Blei aus dem Boden im Gegensatz zu anderen Schwermetallen nur verhältnismäßig wenig aufnehmen (Kloke 1972, 1981). Was daher in fahrbahnnahen Pflanzen an Blei gefunden wird, stammt größtenteils direkt aus der Luft. Dies ist jedoch nur ein schwacher Trost, wenn sich dabei ergibt, daß die Schwermetallgehalte von Pflanzen auch heute noch bis zu 15 m seitlich der Fahrbahn die nach heutigem Wissen als tolerierbar erachteten Werte übersteigen (Oberländer 1981). Auf der anderen Seite

muß man allerdings auch bedenken, daß diese sogenannten "Richtwerte" außerordentlich konservativ gehalten sind und daß die betreffenden Pflanzen nicht allein sondern zusammen mit weniger stark verunreinigtem Futter verzehrt werden.

#### 6. Kommunale Abfälle, Fluß- und Hafenschlämme

Eine erhebliche Belastung der Randzonen von Städten ergibt sich darüberhinaus durch deren feste und flüssige Abfälle, weil diese in der Regel nicht weit transportiert sondern nach Möglichkeit in Stadtnähe beseitigt werden. Auf deren geordnete Deponie und die hiermit verbundenen landeskulturellen Probleme wird im weiteren Verlaufe dieses Symposiums noch speziell eingegangen (Wohlrab 1981). Einen unmittelbaren Einfluß auf die Bodenfruchtbarkeit haben derartige Abfälle im allgemeinen erst dann, wenn sie als Absässer, Fluß-, Hafen- und Klärschlämme auf pflanzenbaulich genutzte Flächen gelangen. Wie außerordentlich stark sich auch dies speziell auf die Böden von Ballungsgebieten auswirken kann, ist u. a. am Beispiel des Schwermetalls Cadmium abgeschätzt worden (Umweltbundesamt 1981). Über die Genauigkeit derartiger Schätzwerte kann man zwar im einzelnen streiten, nicht jedoch über die Tatsache einer im Vergleich zum Landesdurchschnitt bis zu 6fach vermehrten Belastung.

Dies wurde inzwischen in zahlreichen Ländern bestätigt, wenn auch das Ausmaß dieser Schwermetallanreicherung je nach Element und verwendeter Extraktionsmethode naturgemäß schwankt. Hierbei ist keineswegs immer gesagt, daß diese Schadstoffgehalte unbedingt rezenten Ursprungs, das heißt ein Ergebnis unserer modernen Zivilisations- und Lebensgewohnheiten ist (Purves 1977). Eine Reihe von Gesundheitsbehörden, so u. a. in Neuseeland, den USA und in England, sind beispielsweise besorgt über die hohen Bleigehalte in manchen Hausgärten, obwohl diese nachweislich niemals zu anderen Zwecken genutzt worden sind. Nicht selten hat sich bei näherer Prüfung herausgestellt, daß dort lange Zeit ältere Häuser standen oder noch stehen, deren Holzkonstruktionen früher häufig mit Bleifarbe gestrichen worden sind. Diese blätterte später entweder von selbst oder mit Nachhilfe ab, und es ist sicher nicht von ungefähr, daß gerade im Umkreis von stark heruntergekommenen Altbauten besonders hohe Bleigehalte gefunden und gerade dort auch akute Bleivergiftungen bei Kleinkindern konstatiert wurden (Jordan u. Hogan 1975).

Selbstverständlich gibt es daneben auch durch die jeweilige Nutzungshistorie erklärable Kontaminationen einzelner Flächen, deren Schwermetallgehalte manchmal erheblich über den zur Zeit als noch zulässig erachteten liegen (Smith 1980). Nur wenn man dies weiß, lassen sich künftige Schäden bei andersartiger Nutzung vermeiden, aber es gibt leider bereits Fälle, wo dies nicht genügend beachtet wurde. Nicht unerwähnt bleiben darf schließlich, daß gerade die langjährig bestehenden hausnahen Gärten früher oft mit sehr fragwürdigen Abfällen, wie z. B. Ofenasche und Ruß oder mit Bauschutt "gedüngt" worden sind, weil man damals noch nichts von deren schädlichen Beimengungen wußte (Spitteler u. Feder 1979).

Dies gilt, wenn auch nicht gerade in Hausgärten, so doch auf stadtnahen Feldern auch für die Verwertung von Fluß- und Hafenschlämmen. Alleine in Hamburg und Bremen müssen jährlich rund 20 Millionen m<sup>3</sup> Hafenschlamm ausgebaggert werden. Diese wurden bislang größtenteils zum Zwecke einer Niveauänderung auf überschwemmungsgefährdete oder besonders grundwassernahe Landflächen aufgespült. Wenn man sich allerdings klarmacht, daß nach holländischen Berechnung alleine durch den Rhein jährlich mehr als 14 000 t teils hochgiftiger Schwermetalle ins Meer gespült werden, so nimmt es nicht Wunder, daß auch der im Mündungsgebiet solcher Flüsse abgelagerte Schlamm hohe Gehalte an Schadstoffen aufweist (Salomons 1979).

Entsprechende Analysen des Hamburger Hafenschlammes zeigen z. B. bis zum Faktor 10 höhere Schwermetallgehalte, als was nach den gegenwärtigen Vorstellungen im Boden noch zulässig ist (Göhren 1981). Es mag zwar sein, daß diese sehr vorsichtig angesetzten Grenzwerte eines Tages gemäß dem Fortschritt unseres Wissensstandes noch etwas gelockert werden, aber sie liegen auch gegenwärtig ganz sicher nicht um das 3- bis 10fache zu tief (Kloke 1980). In den dort angebauten Pflanzen finden sich jedenfalls nicht selten Schwermetallgehalte, welche die vom Bundesgesundheitsamt (1979) empfohlenen Richtwerte beträchtlich überschreiten. Dies hat bereits mehrfach dazu geführt, daß derartige Produkte behördlicherseits aus dem Verkehr gezogen oder nur noch für Futter- bzw. Nichtnahrungszwecke zugelassen wurden.

## 7. Klärschlamm und Müll

Nicht nur für Hafenstädte sondern für Siedlungs- und Industriegebiete ganz allgemein wird ferner auch die Beseitigung von Müll und Klärschlamm ein nur unter sehr großen Aufwendungen lösbares Problem. Da diese Substanzen beträchtliche Mengen an Pflanzennährstoffen enthalten, wird oft ihre Weiterverwertung als Dünger auf landbaulichen Flächen empfohlen. Theoretisch ließen sich auf diese Weise bei konsequenter Rezyklierung aller Abfallstoffe mehr als 10 % unseres gegenwärtigen Mineraldüngeraufwandes substituieren. Praktisch und nüchtern gesehen ist zwar dieser Nutzen im ganzen geringer, jedoch unter zusätzlicher Berücksichtigung der hierbei vergleichsweise niedrigen Beseitigungskosten auch volkswirtschaftlich durchaus interessant. Was den Klärschlamm betrifft, so spart dessen meist kostenlose Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen deren Besitzern tatsächlich eine Menge Geld, weil man auf diese Weise im Anwendungsjahr - eine vernünftige Dosierung vorausgesetzt - den gesamten Stickstoff- und Phosphorbedarf der Pflanzen deckt (Sauerbeck 1981 b).

Was hierbei aber leider sehr lange nicht genügend beachtet wurde, ist die Tatsache, daß sich in derartigen Klärschlämmen auch ein großer Teil aller in städtischen Abwässern enthaltenen Schadstoffe anhäuft, von denen wiederum die Schwermetalle nach derzeitigem Wissen die gefährlichsten sind. Natürlich schwanken diese Schadstoffgehalte je nach Herkunftsort und Industrialisierungsgrad, aber sie sind auch bei rein kommunalen Klärschlämmen noch um ein Mehrfaches höher, als was man in norma-



ten Böden findet (Purves 1977). Unglücklicherweise werden die biologischen Umsetzungsprozesse in den eigentlichen Kläranlagen erst durch noch weitaus höhere Schadstoffgehalte gestört, so daß vielerorts bisher zu wenig im Hinblick auf eine Einschränkung der industriellen Schwermetallfrachten im Abwasser getan wird (Sauerbeck 1981 b).

Gelangen diese Substanzen anschließend auf den Boden, wobei es im Prinzip gleichgültig ist, ob dies erst über den Klärschlamm oder durch unmittelbare Abwasser-Verteilung geschieht, so kommt es dort unweigerlich zu einer allmählichen Anreicherung, welche vielfach - z. B. auch in den Berliner Rieselfeldern - das für die Nahrungsproduktion zulässige Maß bereits überschritten hat (Milde u. Neumayr 1980). Dies gilt selbstverständlich besonders dort, wo aus Platz- oder Wirtschaftlichkeitsgründen der Gesichtspunkt einer kostengünstigen Beseitigung gegenüber dem einer nutzbringenden Verwertung im Vordergrund steht. Gleichzeitig sind dies auch die Flächen, wo es durch übermäßige Siedlungsabfallverwendung zu einer mehr oder minder ausgeprägten Überdüngung mit Stickstoff und Phosphor im Boden gekommen ist (Loehr 1977). Die Bundesregierung ist deshalb schon seit einigen Jahren bestrebt, die zulässigen Anwendungsmengen bzw. die Schwermetallgehalte für landwirtschaftlich genutzte Klärschlämme und Böden auf ein vertretbares Maß zu begrenzen, und es steht sehr zu hoffen, daß dieser verantwortungsvolle Gesetzgebungsprozeß baldmöglichst zum Abschluß kommt (Bundesministerium des Innern 1981). Natürlich kommt man hierbei wie auch in anderen Bereichen der Umweltpolitik nicht um Kompromisse herum, welche das in einer modernen Gesellschaft niemals ganz auszuschließende Restrisiko bewußt mit in Kauf nehmen. Dennoch dürften sich durch eine konsequente Einhaltung und behördliche Kontrolle dieser vorläufig gültigen Grenzwerte Schäden auf kürzere Frist verhindern und durch die langfristig geplante Verschärfung dieser Höchstwerte ein entsprechender Sanierungsprozeß im Abwasserbereich durchsetzen lassen (Sauerbeck 1981 b).

Im Garten-, Obst- und Gemüsebau wird die Anwendung von Klärschlammprodukten in Zukunft vermutlich grundsätzlich verboten. Dies nützt freilich den Gartenbesitzern nichts mehr, die bereits früher nichtsahnend große Mengen humusreicher, aber leider schwermetallhaltiger Klärschlammprodukte verwendet und auf ihren Flächen jetzt - so gut es dort sonst auch wachsen mag - den Anbau von Nahrungspflanzen einschränken oder gar ganz unterlassen sollten. Ein oft zitiertes Beispiel dieser Art ist die früher gern benutzte "Nu-Earth" in den USA (Chaney et al. 1980), aber auch in Deutschland sind stellenweise ähnliche Kontaminationen von Hausgärten bekannt geworden, deren Sanierung nunmehr erhebliche Probleme aufwirft.

#### 8. Gegenmaßnahmen und Richtwerte

Nach so viel sensationellen Hinweisen auf drohende oder bereits eingetretene Schäden wird es nun allerdings höchste Zeit zu der Feststellung, daß man dies alles nicht einfach verallgemeinern darf. Zwar gibt es bei wissenschaftlich nüchterner

Betrachtung hier auch nichts zu bagatellisieren, aber letzten Endes muß man die wunden Punkte ja erst einmal erkennen, um dann Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Unwissenschaftlich und unverantwortlich wäre es dagegen, wollte man hier - wie in Presse und Öffentlichkeit leider häufig geschehen - einseitig und übertreibend immer nur die Schattenseiten im Umweltbereich betonen. Zum einen sind viele Probleme inzwischen schon hinreichend erkannt und haben bereits entsprechende Schritte zur besseren Reinhaltung von Luft, Wasser und Boden ausgelöst. Zum anderen ist die Lage glücklicherweise nicht überall gleich ernst, wie z. B. zahlreiche Klärschlammanalysen aus weniger stark industriebelasteten Anlagen zeigen.

Drittens werden inzwischen im Zeichen einer verbesserten Rohstoffrecyclingung viele bisherige Schadstoffquellen allmählich verstopft oder die hiermit belasteten Produkte, wie z. B. in Holland die Siedlungsabfallkomposte, vorwiegend in weniger gefährdeten, weil nahrungsferneren Bereichen eingesetzt (Tietjen 1975). Viertens umfassen die hier als Beispiel gebrachten Problemfälle auch unter Berücksichtigung einer gewiß nicht zu vernachlässigenden Dunkelziffer im ganzen gesehen nur relativ kleine bzw. örtlich begrenzte Bereiche. Andererseits zeigen sie allerdings an, was den erwähnten rund 7 % immissionsbeeinflusster Bundesgebietsfläche langfristig droht, falls nicht rechtzeitig gegengesteuert wird (Kloke 1975). Fünftens schließlich kann, sollte und wird man auf den als bereits überbelastet erkannten Flächen vernünftigerweise die Nutzung ändern, denn schließlich müssen dort ja nicht unbedingt Nahrungspflanzen angebaut werden.

Als besonders empfindlich gelten in diesem Zusammenhang wegen ihrer ausgeprägten Schwermetallaufnahme vor allem Blattgemüse und -salate, während Obst und Körnerfrüchte von vergleichbaren Standorten grundsätzlich weniger Schadstoffe enthalten (Kloke 1981, CAST 1976). Außerdem kann man diese Schwermetallaufnahme auch durch bodenpflegerische Maßnahmen, insbesondere durch eine regelmäßige Kalkzufuhr in Grenzen halten. In welchem Umfang auf besonders hochbelasteten Flächen bereits Anbau- und Nutzungsbeschränkungen erforderlich sind, hängt letzten Endes auch davon ab, ob die dort erzeugten Produkte unmittelbar oder erst nach Waschen und Schälen, bzw. nach Kochen, Mahlen und sonstigen Aufbereitungsmaßnahmen verzehrt werden, und in welchem Umfang solche Produkte, durch Großhandels- und Markt-mischungsvorgänge beeinflußt, in die Hände des einzelnen Endverbrauchers gelangen.

Hausgärtner und Selbstversorger schließlich sollten zur Kenntnis nehmen, auf welchem schwankendem Grund unsere Vorstellungen über die mögliche Schädlichkeit einzelner Schwermetalle derzeit noch stehen. Vom Cadmium beispielsweise wissen wir zwar, daß es sich organspezifisch vor allem in der Niere anhäuft. Einigermaßen wahrscheinlich sind chronische Nierenschäden aber erst nach einer ca. 50 Jahre lang währenden Cadmiumaufnahme zwischen 350 und 600 µg täglich. Möglich erscheinen sie nach sehr vorsichtigen Schätzungen eventuell auch schon bei 200 µg Cadmium pro Tag, aber wohl gemerkt auch erst im Alter von 50 Jahren. Die Weltgesundheitsbehörde (1972) hat ihrerseits nochmals einen beträchtlichen Sicherheitsfaktor eingeplant

und empfiehlt eine Höchstbelastung von nicht mehr als 70 µg Cadmium pro Person und Tag, die nach den bisherigen Erkenntnissen allerdings selbst in Industrienähe nur in Extremfällen erreicht werden kann. Auf dieser Basis beruhen auch die sogenannten "Richtwerte" des Bundesgesundheitsamtes (1979) für den Cadmiumgehalt verschiedener Nahrungsmittel. Wer nun das Pech hat, einen bereits stärker mit Cadmium verseuchten Garten zu besitzen und 50 % seiner Pflanzennahrung aus diesem Garten bezieht, dürfte durchschnittlich 30 µg Cadmium pro Tag zusätzlich aufnehmen. Eine akute Gesundheitsgefährdung ist dadurch ganz sicher nicht zu erwarten, wenngleich hierauf langfristig durchaus geachtet werden sollte (Davis u. Cocker 1980).

### 9. Überdüngung und Eutrophierung

Nach diesem vergleichsweise ausführlichen aber zweifellos notwendigen Exkurs zu Schwermetallfragen bleibt für die Behandlung spezieller Nährstoff- und Düngungsprobleme in Bellungsgebieten leider kaum Zeit. Grundsätzlich gilt für den Düngungsbedarf von pflanzenbaulich genutzten Flächen natürlich auch dort, daß man die laufenden Humus- und Nährstoffverluste regelmäßig ersetzt bzw. vor einer Neuanlage eventuell bestehende Lücken durch eine Vorrats- oder Ausgleichsdüngung ausfüllt und hierdurch die Nährstoffversorgung der Pflanzen harmonisiert (Finck 1979). Was freilich in städtischen und stadtnahen Gartenflächen tatsächlich geschieht, hat mit diesem Grundsatz, obwohl zweifellos gut gemeint, sehr oft wenig zu tun. Vergleicht man nämlich die durchschnittliche Nährstoffversorgung von Acker- und Gartenböden, so ergibt sich für letztere in rund 70 % aller untersuchten Fälle ein hoher oder sogar extrem hoher Nährstoffgehalt, bei dem sich eine weitere Düngung vorerst erübrigt. Dennoch wird gerade in Klein- und Schrebergärten sehr häufig zuviel und darüberhinaus noch zu planlos gedüngt. Dies gilt leider nicht nur für den bei der agrilkulturchemischen Bodenuntersuchung erfaßten Pflanzennährstoff Phosphor sondern oft auch für den Stickstoff, was z. B. die tiefdunkle Blattfärbung zahlreicher Schrebergartenkartoffeln dem Fachmann beweist. Demgegenüber ist der Kaliumaufwand in manchen Gärten - wie die Bodenuntersuchung ausweist - vergleichsweise nicht selten noch zu gering.

Wer dies aber allein dem übermäßigen Gebrauch der im Gartenbereich in besonders großer Vielfalt angebotenen Handelsdünger zuschreibt, hat dennoch nur teilweise Recht. Auch von Kompost und Mist, insbesondere dem Hühnermist, verwendet so mancher Gärtner in bester Meinung und mit hohen Kosten eindeutig zu viel, was dann erstens die Pflanzenqualität und zweitens das Grundwasser beeinträchtigen kann. Was hier not tut, ist eine vermehrte Aufklärung und Düngeberatung, so schwierig dies auch bei einem so diffusen Markt, in dem insgesamt allerdings doch sehr viel Geld umgesetzt wird, naturgemäß ist.

## 10. Notwendigkeit weiterer Forschung und Aufklärung

Eine vermehrte wissenschaftliche und sachliche Aufklärung, eine Aufklärung der zahlreichen, von Ballungsräumen ausgehenden Effekte auf Böden und Pflanzen einerseits und der hieran aktiv beteiligten oder passiv davon betroffenen Einrichtungen, Behörden und Bevölkerungskreise andererseits, ist die vornehmste Aufgabe einer wissenschaftlichen Vereinigung wie der diese Tagung veranstaltenden Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. In diesem Sinne ist zu hoffen, daß im weiteren Verlaufe dieses Symposiums möglichst viele der hier angesprochenen, aber auch der aus Zeitgründen unerwähnt gebliebenen Probleme der Bodenfruchtbarkeit in Ballungsräumen nicht nur wissenschaftlich diskutiert sondern auch einer praktischen Lösung zugeführt werden.

## 11. Literatur

- Anonym (1980). Acid Rain. USEPA, Office of Research and Development, Washington.
- Brod, G. G. (1979). Wirkung von Auftausalzen auf Boden, Oberflächen- und Grundwasser entlang der Bundesautobahnen. Z. Vegetationstechnik 2, 1 - 31.
- Bundesgesundheitsamt (1979). Richtwerte '79 für Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. Bundesgesundheitsbl. 22, 282 - 283.
- Bundesministerium des Innern (1981). Entwurf/Verordnung über das Aufbringen von Klärschlämmen. UIIS - 530 115/2, Herbst 1981.
- Chaney, R. L. et al. (1980). Impact of EPA regulations on utilization of sludge in agriculture. Proc. Nat. Conf. Municipal and Ind. Sludge Utiliz. and Disposal. Inf. Transfer, Inc., Silver Springs, 16 - 20.
- Cornelius, R. (1980). Synergistische Wirkungen von Auftausalzen und SO<sub>2</sub> auf die Nettophotosynthese von Gehölzen. Angew. Botanik 54, 329 - 335.
- Council for Agricultural Science and Technology (1976). Applications of sewage sludge to cropland: Appraisal of potential hazards of the heavy metals to plants and animals. CAST-Report No. 64, 250 Memorial Union, Ames, Iowa, USA.
- Davis, R. D. u. Cocker, E. G. (1980). Cadmium in agriculture, with special reference to the utilization of sewage sludge on land. Techn. Rep. TR 139, Water Research Centre, Stevenage, England, June 1980.
- Finck, A. (1979). Dünger und Düngung. Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen. Verl. Chemie, Weinheim - New York.
- Göhren, (1981). Probleme des Hamburger Hafens bei der Unterbringung des Baggergutes. Vortrag, Deutsch-Niederl. Arbeitsgr. "Siedlungsabfallkomposte", 11. - 12.06.1981, Bremen.
- Hartge, K. H. u. Sommer, C. (1979). Bodenverdichtungen und ihre Beurteilung. Z. Kulturtechnik und Flurbereinigung 20, 257 - 268.
- Hutchinson, T. C. u. Havas, M. (1980). Effects of acid precipitation on terrestrial ecosystems. NATO Conference Series 1: Ecology, Bd. 4. Plenum Press, New York u. London.

- Jordan, L. D. u. Hogan, D. J. (1975). Survey of lead in Christchurch soils. New Zealand J. Science 18, 253 - 260.
- Kloke, A. (1969). Einflüsse der Immissionen auf den Boden. Mitt. Biolog. Bundesanst. 132, 43 - 49.
- Kloke, A. (1972). Die Belastung der gärtnerischen und landwirtschaftlichen Produktion und Erntegüter durch Immissionen. Ber. über Landwirtsch. 50, 1, 57 - 68.
- Kloke, A. (1975). Beeinträchtigung der Qualität von Nahrungs- und Futterpflanzen durch Umweltchemikalien. I. Verbreitung der Schadstoffe durch die Luft. II. Schwermetalle. Kali-Briefe, Fachgeb. 14, 2. u. 3. Folge. Qual. plant. - pe. fds. hum. nutr. XXIV, 137 - 157.
- Kloke, A. (1980). Immissionsbelastete landwirtschaftliche Standorte. In: Leistungen von Landwirtschaft und Landschaft zur Wohlfahrt in Verdichtungsräumen. Schriftenreihe für ländliche Sozialfragen. Hrsg. ASG. Verl. M. u. H. Schaper, Hannover. H. 84, 24 - 44.
- Kloke, A. (1981). Aufnahme umweltrelevanter Elemente durch die Pflanze. DGQ-Vortrag.
- Loehr, R. C. (1977). Land use as a waste management alternative. Ann Arbor Sci. Publ. Inc., Ann Arbor, Mich., USA.
- Mayer, R. (1981). Ist unser Ökosystem in Gefahr durch Einflüsse der Industrie- und Wohlstandsgesellschaft? Schadstoffe außerlandwirtschaftlicher Herkunft. Arb. der DLG, Bd. 172 "Landbewirtschaftung und Ökologie", DLG-Verlag Frankfurt, 126 - 130.
- Milde, G. u. Neumayr, V. (1980). Zum Rückgang der Schwermetallbelastung von Böden nach der Beendigung einer städtischen Abwasserverrieselung. 2. Europ. Symp. of Character., Treatm. a. Use of Sewage Sludge, Vienna, Party 5, 105 - 128.
- Oberländer, H. E. (1981). Die verkehrsbedingte Belastung von Nahrungspflanzen durch Blei und Cadmium in Österreich. Förderungsdienst 2/81, 42 - 46.
- Purves, D. (1977). Trace element contamination of the environment. Science 1, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam - New York.
- Salomons, W. et al. (1981). Biogeochemical and hydrodynamic processes affecting heavy metals in rivers, lakes and estuaries. Waterloopkundig laboratorium delft hydraulics laboratory, Publ. no. 253.
- Sauerbeck, D. (1981a). Einfluß der Humusversorgung und Düngung auf Bodenleben und Bodenstruktur. Landwirtsch. Forsch. SH 37, im Druck.
- Sauerbeck, D. (1981b). Möglichkeiten und Grenzen der Ausbringung von Siedlungsabfällen auf pflanzenbaulich genutzte Flächen. Ber. über Landwirtschaft, 197. Sonderh. (im Druck).
- Smith, M. A. (1980). Redevelopment of contaminated land: tentative guidelines for acceptable levels of selected elements in soils. Interdepartmental Committee on the Redevelopment of Contaminated Land, ICRL 38/80, Central Directorate on Environmental Pollution, London.
- Sommer, C. et al. (1981). Direkt- und Nachwirkungen starker Verdichtungen auf das Bodengefüge und den Pflanzenertrag. Kali-Briefe (Büntehof) 15 (7), 429 - 448.
- Spitteler, T. M. u. Feder, W. A. (1979). A study of soil contamination and plant lead uptake in Boston urban gardens. Commun. in Soil Sci. and Plant Analysis 10, 1195 - 1210.

- Tietjen, C. (1975). Principal problems of the use of city wastes for crop production and soil conservation. FAO Soils Bulletin No. 27, Organic Materials as Fertilizers. Report of the FAO/SIDA Expert Consultation, Rome, 211 - 226.
- Ulrich, B. et al. (1980). Chemical changes due to acid precipitation in a loess-derived soil in Central Europe. Soil Sci. 130, 193 - 199.
- Ulrich, B. (1980). Die Wälder in Mitteleuropa: Meßergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, Prognose ihrer Entwicklung. Allgem. Forst-Zeitschr. Nr. 44.
- Umweltbundesamt (1977). Luftqualitätskriterien für Cadmium. UBA-Berichte 4/77, Berlin.
- Umweltbundesamt (1981). Cadmium-Bericht. Ein Beitrag zum Problem der Umweltbelastung durch nicht- oder schwerabbaubare Stoffe - dargestellt am Beispiel Cadmium. UBA-Texte 1/81.
- Vetter, H. u. Meyer, H.-H. (1978). Vergleich der Schadstoffbelastung durch Atemluft und Nahrung in der Nachbarschaft einer Blei- und Zinkhütte. Symp. Carry-over von Schadstoffen in der landwirtschaftlichen und tierischen Produktion. Kulmbach 1978, AID, Bonn 2.
- Wohlrab, B. (1981). Deponien verschiedenster Art, Probleme ihrer Rekultivierung und Integration in die Stadtlandschaft. Symp. "Soil Problems in Urban Areas", Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. (im Druck).
- World Health Organization (1972). Evaluation of certain food additives and the contaminants Mercury, Lead and Cadmium. WHO, Techn. Rep. Ser. No. 505, Genf 1972.

### Soil Fertility Problems in Urban Areas

One of the main aims of environmental policy is to preserve plant growth and wild life, as far as possible, even under urban conditions. This has to be done on the basis of the natural soil factors, regardless whether an agriculturally utilized, a natural or an artificially formed recreational area is concerned. The soil fertility requirements, however, differ with the starting conditions and use of these areas. They extend from thoroughly planned soil improvement for agricultural, horticultural or landscaping purposes on the one hand to the most careful preservation of agriculturally "infertile" but environmentally important natural soils on the other. Regardless of varying urgencies, depending on the location and distance from towns, the overriding principle should be to safeguard against the deterioration of both plants and soils by industrially derived pollutants, and by incorrect treatment and utilization.

The physical impact by heavy building machinery and vehicles on silt-containing soils, for instance, often results in deep sub-surface compactions. These are usually just masked, rather than corrected by the subsequent covering with new surface soil. Still worse is the burying of compacted former humus-containing surface soil horizons. This leads, in addition to the physical structure disorders, to the formation of chemical reduction processes. Consequently, such seriously mistreated soil is difficult to ameliorate even under intensive soil reclamation and fertilization regimes. A critical lack of plant nutrients is, however, rarely indicated by chemical soil tests in urban areas. On the contrary, the intensive horticultural utilization of many urban and peripheral soils is more likely to produce an excessive nutrient supply. This is, especially in small gardens, due to an exaggerated use of all kinds of fertilizers which frequently results in improper nutrient balances.

The ample utilization of town refuse as fertilizers, frequently advocated for environmental and recycling consideration, has often resulted in excessive accumulations of nitrogen and phosphorus in certain soils. Even more serious is the frequent occurrence of industrially-originated toxic compounds in such refuse materials. This will compound the problem of already-existing transfer of toxic materials from polluted air into soils near towns and industrial centres. Almost 7% of all the food-producing German soils appear already to be more or less contaminated. Drastic measures are, therefore, required in order to protect urban soils from such excessive mechanical, chemical and biological stresses and to prevent the corresponding danger of food quality deterioration, yield losses, or even serious damage of plants in and near urban centres.





BÖDEN UNTER SPORT- UND ANDEREN FREIZEITNUTZUNGEN

von

G. R. BLAKE

University of Minnesota, St. Paul, Mn 55108, USA

**Der Autor bedankt sich herzlich bei Herrn Prof. Dr. K.H. Hartge für das Übersetzen des englischsprachigen Manuskriptes**

Bislang war ein Großteil der Forschung, die von Bodenkundlern an Böden in Parks, auf Spielfeldern, Dachgärten und anderen ungewöhnlichen Standorten ausgeführt wurde, überwiegend agronomischer Natur. Die Grundsätze der Düngung dort verwendeter Pflanzen wie Gras, Ziersträucher und Bäume ist daher gut bekannt. Demgegenüber ist verhältnismäßig wenig Forschung auf dem Gebiet der physikalischen und morphologischen Eigenschaften von Böden durchgeführt worden, die für Sport und Freizeit genutzt werden.

Parks und Spielflächen können natürlich praktisch auf jedem Boden erstellt werden, der Pflanzen zu tragen vermag. Deshalb ist die Praxis, die physikalischen Eigenschaften dieser Böden drastisch zu ändern oder gar künstliche Substrate für Freilandbedingungen zu schaffen, relativ neu. Auf dieses Gebiet will ich mich im folgenden konzentrieren.

Bevor ich jedoch zu diesem Thema komme, möchte ich noch einige Bemerkungen machen:

Die Tatsache, daß Bodenkundler an derartigen tiefgreifenden Veränderungen der Böden interessiert sind und beginnen, ihre Wissenschaft in derartigen Bereichen anzuwenden, ist im Grunde ein Abweichen von langjährigen Traditionen. Deswegen will ich zu Beginn ein wenig über die Verbreiterung des Blickwinkels sprechen, die in unserer Wissenschaft augenblicklich stattfindet: Die Bodenkunde ist eine selbständige, selbstbewußte und reife Wissenschaft. Seit ungefähr 150 Jahren gibt es eine Gruppe aktiver Forscher, die chemische, physikalische, morphologische, mikrobiologische und mineralogische Aspekte des Bodens untersuchen. Jeder dieser Arbeitsbereiche hat seine Pioniere und seine Koryphäen. Jeder von ihnen ist einmal oder mehrfach besonders stark hervorgetreten, wenn der Enthusiasmus eines

inspirierenden Forschers oder vielversprechende wissenschaftliche Durchbrüche das Interesse der Fachwelt, oder auch der Öffentlichkeit auf ihn lenkten. So hat während meiner eigenen 30-jährigen beruflichen Tätigkeit mein Spezialgebiet, die Bodenphysik, eine große Entwicklung hinsichtlich ihres Umfangs und ihrer theoretischen Durchdringung erlebt.

Traditionellerweise war die Bodenkunde auf die Landwirtschaft und zu einem geringeren Maße auf die Forstwirtschaft hin orientiert. Sie hat eine große Rolle dabei gespielt, Quantität und Qualität in der Erzeugung von Nahrungsmitteln und anderen Produkten, wie z.B. Faserstoffen, zu erhöhen. Dieser angesammelte Fundus an bodenkundlichen Kenntnissen wird heutzutage auch in vielen Entwicklungsländern verwendet, in denen das Bevölkerungswachstum die Lebensmittelversorgung gefährdet.

Allgemein gesprochen haben die Bodenkundler bislang ihre größten Anstrengungen darauf gerichtet, in Richtung der Bestrebungen früherer Kollegen weiter zu arbeiten, die Möglichkeiten neuer Geräte auszunutzen, raffiniertere Theorien aufzustellen, Phänomene in immer komplexeren Formeln und Modellen zu beschreiben. Wir fanden dabei bisher unsere Befriedigung, unsere Erfüllung, in der Anerkennung anderer Wissenschaftler, Kollegen und sonstiger, hinsichtlich des theoretischen Wissensstandes, als ebenbürtig Angesehener.

Ich glaube jedoch zu erkennen, daß in den Vereinigten Staaten jetzt neuerdings eine Verbreiterung des Horizontes der Bodenkunde entsteht, die immer deutlicher zu Tage tritt. Es begann mit Zugeständnissen, die wir Wissenschaftler gegenüber den Bedrängungen durch Umweltschützer machten, indem wir Umweltverunreinigungen und Belastungen erkannten und uns um ihre Kontrolle bemühten. Heutzutage sind wir alle diesem Problemkreis gegenüber voll aufgeschlossen. Auch die Bodenkundler in Deutschland erkannten diesen Problemkreis bereits vor einem Jahrzehnt und nahmen sich seiner an. Das war damals in gewissem Sinne eine Cäsur. Heutzutage ist eine neue Generation junger Bodenkundler herangewachsen, die viele interessante Möglichkeiten der Verwendung von Theorien und Prinzipien der Bodenkunde erkennt. Dies geht einher mit der Erkenntnis, daß die Bodenkunde auf außerordentlich verschiedene Problemkreise wirkungsvoll angewandt werden kann. Diese Veränderung der Betrachtungsweise und die

daraus resultierende Veränderung in der Verwendung der Arbeitskraft zur Lösung wichtiger praktischer Probleme, führte aber zu einer Verminderung der Bemühungen um grundsätzliche und theoretische Probleme im Vergleich zu früher. Ich betrachte dieses nicht als einen gefährlichen Trend, so lange ein paar fähige und talentierte Theoretiker weiterhin die Unterstützung genießen, die sie brauchen. Es ist jedoch von grundlegender Bedeutung, daß die Anstrengungen in Richtung theoretischer Forschung, die die bodenkundliche Wissenschaft als solche fortentwickeln und verbessern, nicht unterbrochen werden.

Genau wie im neunzehnten Jahrhundert die Disziplinen der Chemie und Physik eine geradezu explosive Anwendung innerhalb der Ingenieurberufe fanden, erscheint es nunmehr möglich, daß die Bodenkundler in ähnlicher Art Probleme bearbeiten und lösen können, bei denen Theorien und Grundsätze der Bodenkunde angewendet und ausgenutzt werden können. Ich erwähnte bereits als Beispiel die Anwendung der Bodenkunde im Hinblick auf Belastungen von Land, Seen, Flüssen und Grundwasser. Als zweites Beispiel für die Rolle des Bodenkudlers außerhalb der traditionellen Grenzen seiner Wissenschaft, möchte ich die Forensische Bodenkunde, also die Gerichtsbodenkunde, erwähnen. Dieser problematische, z.Zt. noch im Embryonalstadium befindliche Wissenschaftszweig, wird immer mehr Bedeutung gewinnen, je mehr die Gewalttätigkeit fast überall auf der Welt anwächst.

Das Thema der diesjährigen bodenkundlichen Tagung legt noch ein drittes Beispiel nahe, wie Bodenkunde praktisch verwendet werden kann, um Probleme außerhalb des traditionellen Bereiches dieser Wissenschaft zu bearbeiten. So umfaßt die Überschrift "Böden unter Sport- und Freizeitnutzung" einen wesentlichen Teil der Nutzung und Behandlung von Böden in urbanen Gebieten. Ein Großteil der bisherigen Betätigung unserer Kollegen in Bezug auf die Böden von Sportanlagen geschah zunächst auf der Basis der Beratung; im Grunde im Sinne eines Hobbys. Auch mein eigenes Interesse und meine Aktivitäten bei derartigen Böden bewegten sich zunächst hauptsächlich auf dieser Basis.

Ich will hiermit natürlich nicht behaupten, daß Rasenspezialisten, Gartenbauer und Andere die Böden bei ihrer Arbeit vernachlässigt hätten. In vielen Ländern hat es sogar ein sehr intensives Interesse an den Böden für Sport- und Spielplatzanlagen gegeben.

So wurde z.B. in Deutschland von Rasenspezialisten eine DIN Norm für Sportflächen vorgeschlagen, in der auch das Problem der Böden angesprochen ist (Anon. 1974). Es bleibt jedoch noch viel zu tun, um Normen für die Auswahl von Böden für die bodentechnologische Seite der Unterhaltung von Sportflächen und Erholungsarealen zu entwickeln.

Der wichtigste zentrale Einzelfaktor im Zusammenhang mit Böden für Sport und Freizeit ist die Tatsache, daß die natürlichen Böden selten an intensives Betreten adaptiert sind, wie es bei Sportarten wie dem klassischen Fußball und dem amerikanischen Fußball, aber auch auf den Golfgrüns beim Putten vorkommt. Die Böden müssen daher für diese Verwendungen verändert, oder aber Mischungen zusammengesetzt werden, die den Graswuchs noch erlauben, auch wenn eine starke komprimierende Trittbeanspruchung vorliegt.

Nun sind zwar Düngung, Kalkung und Bewässerung wichtige Faktoren bei der Unterhaltung von Sport- und Vergnügungsflächen. Erfolg oder Mißerfolg wird aber dennoch zum überwiegenden Anteil von den physikalischen Eigenschaften abhängen. Aus diesem Grunde will ich mich im folgenden mit den physikalischen Bedürfnissen von Sportrasen, den damit zusammenhängenden Bodenveränderungen und den Möglichkeiten zur Verbesserung natürlich vorkommender Standorte für die Verwendung als Sportflächen befassen.

#### Physikalische Bedürfnisse von Böden für Sportrasen

Die wichtigsten bodenphysikalischen Eigenschaften von Sportrasenflächen sind 1.) eine Luftporosität, die einen kontinuierlichen Sauerstoffnachschub zu den Wurzeln durch Diffusion ermöglicht. 2.) Eine Infiltrationsrate, die schnellen Wassereintritt sicherstellt. 3.) Eine hydraulische Leitfähigkeit, die ausreicht, um Überschußwasser schnell aus der Wurzelzone zu entfernen und 4.) die Fähigkeit, hinreichend Wasser im Boden festzuhalten um das Gras oder andere Pflanzen während niederschlagsfreier Perioden am Leben zu erhalten. Häufig zielt die Bodenveränderung auf einen Kompromiß hin zwischen den Eigenschaften, die die ersten drei dieser Parameter fördern und den Eigenschaften die der 4. bedingt.

Alle Wurzeln höherer Pflanzen benötigen für ihr Wachstum ein Medium, in dem Sauerstoff und Kohlendioxid kontinuierlich zu und von den Wurzeln diffundieren können. Schon vor vielen Jahren wurde experimentell bestimmt, daß dieser Diffusionsprozeß praktisch vernachlässigbar wird, wenn der luftgefüllte Porenanteil kleiner wird als etwa 10% des gesamten Bodenvolumens (Blake 1948, s. auch Hartge 1978 S.259-261 und Hillel 1980 S.272-277). Dieser Betrag könnte u.U. ein wenig niedriger sein, wenn es sich um Böden handelt, die eine stark entwickelte Struktur haben und daher kontinuierliche Macroporen besitzen, oder etwas höher, wenn es sich um Böden handelt, die eine stärker homogen ausgeprägtes Gefüge aufweisen.

Die luftgefüllten Porenanteile werden in den Böden normalerweise aufrechterhalten durch die Tätigkeit der Pflanzenwurzeln und der Bodenfauna, deren Folge die Entstehung bzw. die Erhaltung eines porösen Gefüges ist. Diejenige Porosität, die auf diese Weise entsteht, könnte man als strukturelle Porosität bezeichnen. Die regenerativen Kräfte, die notwendig sind um eine solche Porosität aufrechtzuerhalten, sind in den Böden in der Regel gegeben, so lange nur ein geringer Oberflächenkontakt mit Tier oder Mensch zustande kommt. Wenn nun Betretung oder Befahrung häufiger wird, können zunächst Bearbeitungsmaßnahmen eingesetzt werden um dieses Gleichgewicht weiterhin aufrechtzuerhalten. Auf Flächen wie den torfernen Bereichen klassischer Fußballplätze, Golfbahnen, Polofeldern, der äußeren Bereiche der Baseballspielfelder, oder öffentlichen Parks wo das Publikum den Rasen betreten kann, kann in der Regel durch Aerifizieren, Messern, Hohlstacheln oder andere Rasenkulturmaßnahmen der erwünschte Zustand erhalten werden. Es gibt da verschiedene Kulturgeräte, mit denen der erwünschte Erfolg erzielt werden kann, ohne die Rasennarbe als solche zu zerstören.

Wenn der Trittverkehr jedoch so intensiv ist, wie auf den mittleren und den tornahen Teilen von Fußballfeldern, oder auf den Spielflächen für amerikanischen Fußball, oder auf dem Puttinggrüns der Golfplätze, wird die strukturelle Porosität im vorhin genannten Sinn, vor allen Dingen wenn der Boden naß ist, trotz solcher Bemühungen leicht zerstört. Man muß dann zu außerordentlichen Maßnahmen greifen, um den notwendigen Betrag an Poren, trotz solcher ungünstigen Bedingungen, zu erhalten.

Eine große Anzahl von Maßnahmen sind dabei erprobt worden und werden z.T. auch eingesetzt. Eine der wichtigsten ist die Verdünnung des lokal anstehenden Bodens mit Sand. Eine hinreichend große Menge von Sandanteilen müssen dann eine kontinuierliche Matrix bilden, in welcher 10% oder mehr luftgefüllter Poren auch nach stärkerer Verdichtung erhalten bleiben. Auf diese Weise würde eine "texturale Porosität" erhalten werden, im Gegensatz zu der vorhin oft besprochenen strukturellen Porosität in natürlichen Freilandböden.

Der Zusammenhang zwischen dem luftgefüllten Porenanteil und der relativen Gasdiffusionsrate in feuchten Böden, ist in Abb. 1 dargestellt. Der Diffusionscoefficient für den Boden,  $D_s$ , der einen Relativwert bezogen auf die Basis der Diffusion in Luft ( $D_0$ ) darstellt, nimmt linear ab mit dem Anteil der luftgefüllten Poren - bis zu einem bestimmten sehr niedrigen Wert. Das luftgefüllte Porensystem beginnt dann diskontinuierlich zu werden und die Menge an Gas, die durch die dann überwiegend wassergefüllten Poren diffundiert, ist nur noch sehr klein. Der wichtige Punkt, auf den hier extra hingewiesen werden soll, ist die Tatsache, daß unterhalb etwa 10% luftgefüllten Porenanteils die Diffusion für den Bedarf der Wurzeln praktisch vernachlässigbar wird. Es gibt zwar Hinweise darauf, daß der Grenzwert in Abhängigkeit von der Bodenstruktur zwischen 10 und 15% variiert, das ändert jedoch nichts daran, daß es theoretisch einen Grenzwert luftgefüllter Porosität geben muß, der im Boden nicht unterschritten werden soll. Es hat sich gezeigt, daß ein Wert so in der Gegend von 10%, wie hier dargestellt, in der Praxis unter Freilandbedingungen diesem Anspruch in etwa genügt.

Die Versuche, einen Grenzwert für die Infiltrationsrate für einen Sportplatz zu definieren, sind ein wenig willkürlicher. Die Rate sollte auf jeden Fall ausreichen sicherzustellen, daß auch bei und nach Starkregen kein Wasser auf der Bodenoberfläche stehen bleibt. Dies ist besonders wichtig, da es allgemein üblich ist, Sportflächen sofort nach, teilweise sogar während, der Niederschlagsereignisse zu benutzen. Der Grenzwert wird also sehr hoch angelegt werden müssen.

## Modifizierung der Böden für Sportflächen

Es hat zahlreiche Versuche gegeben, die Böden zu modifizieren, damit sie den intensiven Trittbeanspruchungen standhalten, die mit sportlichen Spielen auf dem Rasen verbunden sind. Dabei wurden zwei Ansätze gemacht. Der eine besteht darin, den Boden an seinem Ort zu verändern. Der andere besteht darin, eine künstliche Bodenmischung aus Sand und Torf und Bodenmaterial herzustellen und dieses anstelle des natürlichen Oberbodens auszubringen.

### Veränderung des Bodens an Ort und Stelle

Die Veränderung natürlicher Böden an Ort und Stelle ist bei Sportflächen, wie die für klassischen und amerikanischen Fußball, weit verbreitet. Die Fläche wird vorbereitet, in dem ihr ein leicht dachförmiges Profil mit dem First in der Längsrichtung des Feldes gegeben wird. Hierdurch wird Überschußwasser als Oberflächenwasser vom Felde weggeleitet. Ein Rohrdränsystem, das ebenfalls längs unter dem Felde angelegt ist, wird gewöhnlich in 40 cm Tiefe angebracht um den schnellen Abfluß von in den Boden eingedrungenem Überschußwasser zu fördern. Sodann werden Materialien zur Verbesserung des Bodens auf der Oberfläche aufgebracht und in diese eingearbeitet. Sehr oft ist zu diesem Zweck eine Schicht von 10 bis 15 cm Sand verwendet worden, wobei der Sand und der darunter anstehende Boden durch gründliche Bearbeitung sorgfältig vermischt werden. Die obersten Centimeter nahe der Bodenoberfläche bleiben dabei fast reiner Sand.

Der Vorteil der Benutzung des anstehenden Bodens in dieser Art besteht darin, daß man keine Transporte zu und von einem Mischungsplatz benötigt.

Die Nachteile dieses Systems bestehen darin, daß eine hinreichend gleichförmige Mischung sehr schwierig zu erreichen ist. Selbst mit besseren Mischgeräten, wie z.B. Fräsen, wird eine wirklich einheitliche Mischung selten erreicht, selbst wenn zahlreiche Arbeitsgänge vorgenommen werden. Die auf diese Weise herstellbare Oberbodenschicht ist gewöhnlich nicht mächtiger als 15 cm, wenn das in der Landwirtschaft verwendete Gerät benutzt wird. Eine solche Mächtigkeit ist offensichtlich ausreichend für eine

dauerhafte Unterhaltung der Grasnarbe, wenn Überschußwasser durch einen porenreichen Untergrund oder durch Rohrdräns schnell abgeführt werden kann. Hier muß besondere Sorgfalt darauf verwendet werden sicherzustellen, daß jeder einzelne Dränstrang durch besonders poröses Verfüllmaterial des Grabens mit der bearbeiteten Oberbodenschicht verbunden ist.

Diese Technik der "meliorativen Bodenveränderung an Ort und Stelle" hat bei Sportplätzen ihren größten Anwendungsbereich, wenn der natürliche Ausgangsboden fast eben ist und hinreichend mächtig, um eine Firsthöhe des Dachprofils von 20-40 cm in der Mitte des Feldes zu ermöglichen. Diese Bauart hat sich offensichtlich in den Niederlanden weitgehend bewährt. Nach meiner Erfahrung kommen jedoch Mißerfolge bei der Anwendung dieser Melioratsmethodik zu oft vor. Darüberhinaus ist die Arbeit die aufgewandt werden muß um eine gründliche Bearbeitung, d.h., Vermischung zu erzeugen, oft ebenso groß wie wenn das Material außerhalb des späteren Verwendungsplatzes gemischt wird. Es besteht daher ein erheblicher Bedarf, nach der Entwicklung von Technologien und auch nach Arbeitsanweisungen, die in dieser Hinsicht sowohl den Planern, als auch den Bauausführenden die Arbeit, und vor allem die Entscheidung über die Anwendbarkeit dieses Verfahrens erleichtern. Um Erfahrungen in dieser Richtung zu sammeln, sind systematische Untersuchungen notwendig und entsprechende Verbreitung der Ergebnisse.

#### Veränderung des Bodens durch Mischung der Komponenten außerhalb der Anwendungsfläche

Die Erstellung künstlicher Böden aus Sand, Boden, Torf oder anderen Materialien und ihre Verwendung für Golfgrüns, wurde zuerst durch Mitglieder der Sektion Grüns des Golfverbandes der Vereinigten Staaten 1960 vorgeschlagen. Aufgrund von Untersuchungen von Garman (1952), Ferguson (1955) und einigen anderen, schlugen die Mitglieder dieser Sektion für derartige Grüns ein Profil vor, das aus einer 30 cm mächtigen Bodenmischung über einer Feinkiesschicht (bis 0,6 cm  $\emptyset$ ) bestand. Zwischen diese beiden Schichten war eine 3-5 cm mächtige Schicht aus grobem Sand (größer als 1 mm  $\emptyset$ ) vorgesehen. Dränrohre wurden knapp unter der Feinkiesschicht angeordnet. Die Gräben, in



denen diese Rohre untergebracht waren, waren mit dem gleichen Kies ausgefüllt.

Ein derartiger Profilaufbau bildet die Grundlage für Bodenmeliorationen für verschiedenste Zwecke, wie Golfgrüns, Spielflächen für Klassischen und amerikanischen Fußball, Dachgärten und Bepflanzungen an Hochstraßen und auf architektonisch steingepflasterten Plätzen. Der Aufbau künstlicher Substrate in den verschiedensten Variationen auf der Basis der vorher genannten Empfehlungen des Golfverbandes, wurde stets für engbegrenzte, spezielle Zwecke vorgenommen. Trotzdem hatten diese Verfahren in den USA einen tiefreichenden Einfluß auf die Richtung späterer Bemühungen im Zusammenhang mit sonstigen Sportflächen und an deren Freizeitnutzungen.

Auch hier gilt, daß eine sehr grobporige Lagerung hergestellt werden muß, wenn der oberflächennahe Boden hinreichend viel luftführende Poren enthalten soll um bei einer Dränung bei etwa 30 cm Wassersäule hinreichende Kohlendioxyd und Sauerstoffdiffusion sicherzustellen. Auch hier ist üblicherweise Sand das zweckmäßigste Material.

Die Kiesschicht hat hier die wichtige Funktion, den hergerichteten Oberboden hydraulisch von den tieferen Schichten des Profiles zu isolieren. Würde diese Schicht weggelassen, so würde das Matrixpotential des Bodenwassers nach einer plötzlichen Wasserzufuhr an der Eintrittsstelle in das Dränrohr oberhalb eines weniger gut gedränten Unterbodens sehr schnell null werden. Nachdem jedoch das Überschußwasser durch die Dräns abgeleitet wurde, würde dieser feinkörnige Unterboden trotz seiner geringen Wasserleitfähigkeit weiterhin Wasser aus dem sandigen Oberboden ableiten und damit das Reservoir an pflanzenverfügbarem Wasser nach und nach entleeren.

Die Menge an pflanzenverfügbarem Wasser in dem hergerichteten Oberboden hängt nun ab: einerseits von dessen Mächtigkeit, andererseits von der Feinheit des dabei verwendeten Sandes. Ein wichtiger Punkt ist hierbei, daß die Wasserspannung in der obersten Schicht dieser Bodenmischung höher sein muß (das Wasserpotential also niedriger sein muß) als dem Lufteintrittspunkt der verdichteten Bodenmischung entspricht. Bei Wasserspannungen die niedriger sind als diesem Lufteintrittspunkt

entspricht, kann kein Wasser aus dem Boden herausfließen. Wenn nun die Wasserspannung ansteigt, werden die größeren Poren des Bodens entleert und das Wasser fließt aus der Bodenmatrix heraus und macht der Luft Platz.

Adams und Mitarbeiter (1971) erkannten den Zusammenhang zwischen der Korngröße des für die Oberböden verwendeten Sandes und der Profiltiefe die notwendig war, um diese Entwässerung sicherzustellen. Der Zusammenhang ist mit Daten von Stakman (1969) illustriert, der die Luftdurchtrittspunkte (das sind die Drucke die notwendig sind um eine Pore zu dränen) für die einzelnen Sandfraktionen zeigte. Man kann daraus natürlich keine Kombination von Bodenprofiltiefe und Feinheitsgrad des Sandes extrapolieren, es sei denn, man hätte einen gleichkörnigen Sand, der aber in der Natur ja nicht gefunden wird. Nichtsdestoweniger gibt es einen Druck, der dem Luftdurchtrittspunkt entspricht, für jeden Sand oder jede Sandbodenmischung. Die Aufbringungstiefe bzw. Mächtigkeit einer Bodenmischung muß also groß genug sein, um durch ihre Höhe eine Wasserspannung zu erzeugen, die ausreicht um einige der größten Poren zu dränen.

#### Eigenschaften der Einzelkomponenten für Bodenmischungen

Für die Nutzung als Sportfläche wird der Boden hergerichtet, indem er durch verschiedene Substanzen verdünnt wird. Hierbei ist Sand das häufigste verwendete Mittel, obgleich durchaus auch schon andere Materialien verwendet wurden (Skirde 1974 z.B.). Torf wird hier auch sehr häufig verwendet, um die Wasserhaltefähigkeit der Bodenmischung zu verbessern. In dem übrigen Teil dieses Vortrages will ich mich daher mit Untersuchungen befassen, die dazu dienen, Richtlinien zur Verwendung von Sand-Boden-Torfmischungen aufzustellen.

#### Bodeneigenschaften

Ein Oberboden sollte, wenn er mit Sand und Torf gemischt wird, vorzugsweise einen geringen Schluffinhalt haben. Dieser Sachverhalt ist Fachleuten die sich mit den Böden für Sportflächen befassen, allgemein gesagt, bekannt. Es ist jedoch nicht

bekannt, welche Grenzwerte von Schluffgehalten gesetzt werden sollen. Becher und Hartge zeigten 1972, das Schluffpartikel im Boden, bei den dort vorkommenden Fließgeschwindigkeiten des Wassers, leicht wandern. Diese Verlagerung nimmt mit abnehmender Wassersättigung im Boden zunächst zu, weil die Tortuosität der Fließbahnen bei Abnahme der Fließquerschnitte zu erhöhten lokalen Fließgeschwindigkeiten führt. Brown und Duble (1975) zeigten auch, das Bodenpartikel im Wasserstrom wanderten, weil unter dem Boden Kies lag (meist mit einem  $\emptyset$  von 72,5 mm). Es hat sich weiterhin gezeigt, daß Golfgrüns deren Substrat erhebliche Anteile an Korngrößen zwischen 0,002 und 0,1 mm haben, sich im Hinblick auf die Spielfähigkeit sehr ungünstig verhielten. Es ist in diesen Fällen unsicher, ob dies eine Folge der Wanderung von Schluff- und Feinsandteilen ist, oder ob es einfach eine Folge der Tatsache ist, daß diese Teilchen mittlere und vor allem große Poren ausfüllen. Ich habe selbst ein wenig willkürlich einen Grenzwert formuliert in dem ich forderte, daß die Bodenkomponente ein "Schluff-zu-Tonverhältnis" von nicht über 2,5 haben soll (Schluff ist hierbei 2 - 50  $\mu\text{m}$  und der Ton kleiner als  $<2 \mu\text{m}$ ). Genauere Untersuchungen, um den praktischen Grenzwert für die Verwendung schluffreichen Bodens zu erarbeiten, stehen jedoch noch aus.

Man kann auch erwarten, daß die Wirkung der mineralogischen Zusammensetzung der verwendeten Böden signifikant ist. Bislang existieren jedoch keine Untersuchungen, bei denen Mischungen unterschiedlicher mineralischer Zusammensetzung verglichen wurden.

Wenn ein Boden mit Sand in der beschriebenen Weise verdünnt werden soll, dann muß dabei natürlich sein eigener Sandanteil berücksichtigt werden, denn für die Bodeneigenschaft ist natürlich der Gesamtsandgehalt der Mischung entscheidend. Böden die einen erheblichen Eigenanteil von Sand im Bereich des feinen oder sehr feinen Sandes haben (z.B. 0,05-0,25 mm $\emptyset$ ) ergeben bei Mischung mit den üblichen Sandfraktionen völlig andere Substrate, als wenn der bodeneigene Sandanteil aus Mittel- und Grobsand (0,25 - 1,0 mm) besteht. Die Ursache liegt natürlich darin, daß im letzteren Fall der bodeneigene Sand schon in Richtung der beabsichtigten Verdünnung wirkt. Im vorher genannten Falle aber nicht.

### Sandeigenschaften

Es herrscht allgemein Übereinstimmung darüber, daß kommerziell erhältlicher Sand relativ gleichförmigen Korndurchmessers verwendet werden sollte, wenn intensiv zu nutzende Sportflächen erstellt werden sollen. Abb. 2 zeigt als Beispiel Summenkurven eines gut sortierten einheitlichen Sandes und eines Sandes mit großer Ungleichförmigkeit der Körner. Ein gleichförmiger Sand hat bekanntlich ein höheres Porenvolumen als ein ungleichförmiger. Ein gleichförmiger Sand, d.h., ein solcher mit einem niedrigen Ungleichförmigkeitskoeffizienten ermöglicht daher nicht nur größere Porosität, sondern auch das Vorhandensein größerer Poren als ein solcher mit einem hohen Ungleichförmigkeitskoeffizienten. Denn bei einem wenig sortierten, also korngroßenmäßig ungleichmäßigen Sande, können die Räume zwischen den Körnern stets mit entsprechenden kleineren Körnern passender Größe ausgefüllt werden, sodaß weniger grobe Poren übrig bleiben.

Die Gleichförmigkeit bzw. Ungleichförmigkeit eines Sandes wird durch den Ungleichförmigkeitskoeffizienten  $\mu_c$  definiert. Dieser ist das Verhältnis zwischen dem Teilchendurchmesser, bei dem die Körnungssummenkurve die 60%-Ordinate schneidet, zu dem Partikeldurchmesser bei dem die gleiche Summenkurve die 10%-Ordinate schneidet.

Am besten geeignet für die Böden von Sportflächen sind Sandfraktionen mit Partikeln mittlerer Größenordnung. Adams und seine Mitarbeiter (1971) empfahlen als am besten geeignet diejenigen Sande, bei denen die Summenkurve 10% kleiner als 0,1 mm und 90% kleiner als 0,6 mm angab. Innerhalb dieser Grenzen empfahlen sie einen Sortierungsindex, der durch das Verhältnis  $d_{90}$  zu  $d_{10}$  charakterisiert wurde, von möglichst nahen an 2,5. Die Grüns-Section des Golfverbandes der Vereinigten Staaten empfiehlt demgegenüber die Verwendung von Sand, bei dem die Fraktion von 0,25-0,5 mm vorherrschen und die gesamte Körnung im Bereich von 0,1-1,00 mm liegen soll. (Anon. 1974). Die deutsche DIN-Norm 18-035-4 fordert für die Substrate von Rasen auf Sportflächen Korngrößenteilungen, bei denen die Teilchendurchmesser zwischen 0,2 und 1,0 mm vorherrschen (Skirde 1974). Obgleich es nun offensichtlich ist, daß die Korngröße in den Sanden innerhalb gewisser Grenzen

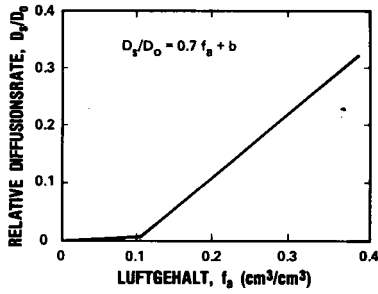


Abb. 1: Relative Gasdiffusionsrate in Abhängigkeit vom luftgefüllten Porenanteil

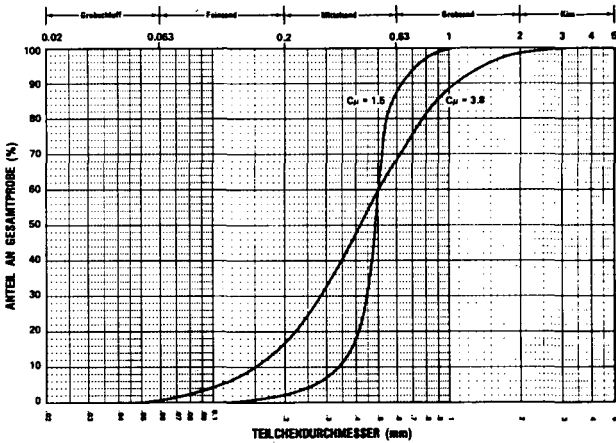


Abb. 2: Gleichförmigkeitskoeffizient für Sand

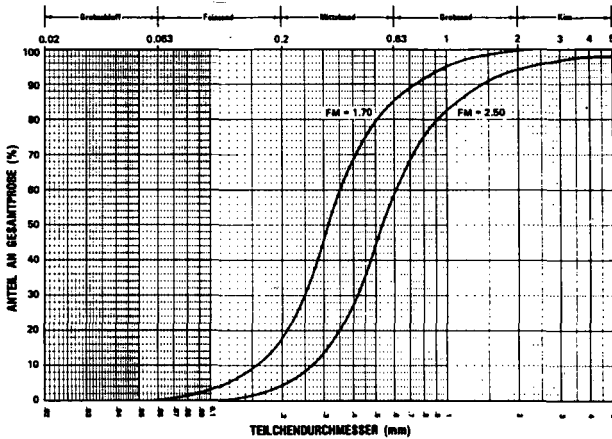


Abb. 3: Feinheitensmodul für Sand

variieren darf, so hat es sich doch als zweckmäßig erwiesen, Sande mit einem Feinheitsmodul von 1,7-1,5 vorzuziehen (Blake 1980). Der Feinheitsmodul ist definiert als die Summe der Kumulativdruckstände, ausgedrückt in Prozent, auf jedem von 6 Sieben, geteilt durch 100. Die Maschenweiten dieser Siebe betragen 0.476, 2.398, 1.19, 0.595, 0.297 und 0.149 mm. Diese krummen Zahlen ergeben sich aus den ursprünglich in einem anderen Maßsystem gegebenen Maschenweiten der amerikanischen Siebe.

#### Textur von Bodenmischungen

Es gibt mehrere Kriterien um den Sandanteil von Sand-Boden-Torfmischungen für Rasenflächen mit hoher Trittbelastung zu bestimmen. Die Infiltrationsrate und der Anteil an luftgefüllten Poren sind zwei der wichtigsten und naheliegendsten.

Die in Abb. 4 dargestellten Ergebnisse zeigen, daß die Infiltrationsrate in einer verdichteten Sand-Boden-Torfmischung stark abnimmt, wenn der Sandanteil abnimmt. Die punktierte Linie in dieser Abbildung zeigt die Infiltrationsrate die in diesem Fall übrig bleiben würde, wenn der Boden nicht verdichtet, gestört oder sonstwie geknetet würde und eine Bodenstruktur beginnen würde sich auszubilden. Taylor und Blake zeigten 1979, daß Mischungen mit einem Gesamtanteil von Sand - d.h., zugefügter plus bodeneigener Sand - mit weniger als 87%, Infiltrationsraten von unter 2,5 cm pro Stunde hatten. Die Grüns-Section des Golfverbandes der Vereinigten Staaten empfahl zwar ursprünglich die Sicherstellung minimaler Wassertransmissionsraten von 1,3-3,8 cm pro Stunde, vergrößerte diesen Wert dann aber für Straußgras (*Agrostis palustris* sp.) auf 7,6 cm pro Stunde (Radko 1974). Die DIN Norm 18-035-4 empfiehlt demgegenüber die Einhaltung einer Wassertransmissionsrate von 5,4 cm pro Stunde. Janson zeigte jedoch 1969, daß es durchaus auch möglich ist, im Hinblick auf die Permeabilität zu weit zu gehen, denn: "eine gewisse Kapazität der Wasserrückhaltung ist absolut wünschenswert".

Weiterhin ist es doch recht wichtig, auf ein Dilemma hinzuweisen, dem sich der Technologe gegenüber sieht, wenn er auf der Basis von Laborversuchen mit Sand-Boden- und Torfmaterialien

den Bauausführenden Mischungsverhältnisse seiner Materialien empfiehlt (Blake, Taylor und White 1981). Unabhängig von der Genauigkeit der Untersuchungen und Berechnungen wird die Mischung die auf der Baustelle erzielt wird, im Hinblick auf den Sandgehalt in der Größenordnung um 3 oder 4% variieren. Dies kann sich auf die Tragfähigkeitseigenschaften der Mischung gegenüber Trittbelastung sehr stark auswirken. Dies kann man z.B. an dem Einfluß an die Infiltrationsrate sehen, wie sie in Abb.

4 dargestellt ist. Wenn eine Mischung mit 85% Sandanteil spezifiziert worden ist, dann kann man eine Infiltrationsrate von 2,5 cm pro Stunde voraussagen, was im allgemeinen ausreichend sein mußte. Wenn nun die tatsächlich erhaltene Mischung nur 81% Sand enthält, dann kann die Infiltrationsrate durchaus auf 0,5 cm pro Stunde absinken und die erstellte Sportfläche würde für Spiel bei regnerischem Wetter ungeeignet sein. Der Bauausführende ist natürlich geneigt, an eine gewissen Sicherheitsmarge zu denken, die dieses verhindert. Dadurch wird der Sandgehalt heraufgedrückt, zu Lasten der erwünschten Wasserhaltekapazität des Substrates. Aber außer diesem gibt es auch andere Punkte die gegen zu hohe Sandgehalte sprechen. Einer davon ist die Auswaschung von Nährstoffen und die Notwendigkeit häufiger Nachdüngung, besonders von Kalium und Stickstoff. Dies ist wegen der Geringmächtigkeit der Substrate und der Kürze der Sickerwege zur Dränschicht besonders gravierend. Ein anderer ist die Notwendigkeit der Zufuhr von Spurenelementen, wenn der Sand Calcium-carbonat enthält. Das ist in unserem Land häufig, wenn der Sand aus tiefer liegenden Vorkommen gewonnen wurde. Ein drittes Problem, daß hiermit im Zusammenhang steht, ist das Nährstoffgleichgewicht. Insgesamt erfordert also die Unterhaltung eines strapazierfähigen Rasens unter diesen Bedingungen ein besonders hohes fachliches Können.

Wenn man den Anteil luftgefüllter Poren als ein Kriterium für den Sandgehalt in einer Sand-Boden-Torfmischung ansieht, dann muß man also zwei Dinge im Auge behalten: Einmal die Feinheit des Sandes die verwendet wird und zum anderen die Mächtigkeit bzw. Aufbringungstiefe der Mischung. Wenn man davon ausgeht, daß ein luftgefüllter Porenanteil von 10 Vol.% notwendig ist, dann zeigen die Ergebnisse von Stakmann 1969 (S.376) für gleichkörnige Sande, bei welchem Teilchendurchmesser die Oberfläche einer 30 cm mächtigen Packung grade anfangen würde, zu ent-

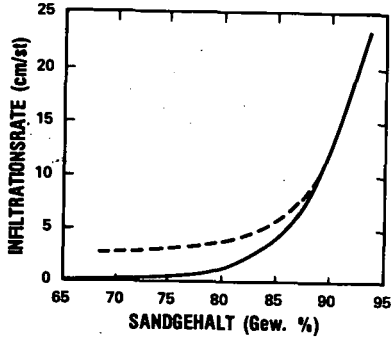


Abb. 4: Infiltrationsrate in Abhängigkeit vom Sandgehalt in einer künstlich gepackten Bodenmischung

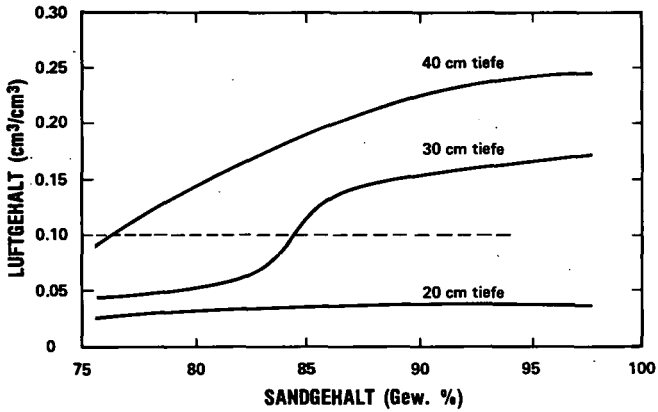


Abb. 5: Luftgefüllter Porenanteil in Abhängigkeit vom Sandgehalt bei verschiedenen Profiltiefen



wässern. Bei ungleichkörnigen Sanden die mit dem am Ort vorhandenen Boden gemischt vorliegen, würde die Beziehung zwischen Wasserpotential und luftgefüllten Porenanteil jeweils separat bestimmt werden müssen. In Abb.5, die aufgrund von Werten von Taylor 1978 gezeichnet wurde, ist der Einfluß des Sandgehaltes auf dem luftgefüllten Porenanteil bei verschiedenen Schuttiefen bzw. Mächtigkeiten des Oberbodens angegeben. Für eine 30 cm mächtige Oberbodenmischung, deren Sand ein Feinheitsmodul von 1,88 und einen Ungleichförmigkeitskoeffizienten von 2,4 hat, würde ein Sandgehalt von 85% oder mehr notwendig sein, um einen luftgefüllten Porenanteil von 10% oder mehr zu ergeben. Wenn die Schichtdicke der Bodenmischung 40 cm betragen würde, zeigt es sich daß die erforderliche Luftporosität an der Bodenoberfläche erreicht werden würde, wenn der Sandgehalt 76% oder mehr beträgt. Eine lediglich 20 cm mächtige Schicht der Bodenmischung würde demgegenüber stets weniger als 10% luftgefüllten Porenanteil haben, auch bei sehr hohen Sandgehalten. Wir sind bisher, das will ich hier kurz festhalten, bei den Untersuchungen in unserem Labor stets von einer Mächtigkeit der Bodenmischung von 30 cm ausgegangen. Ich habe selbst keine Erfahrung, wie weit man Veränderungen im Sandgehalt oder im Feinheitsgrad des Sandes durch Veränderung der Schichtmächtigkeit der Mischung kompensieren kann. Hier müssen künftige Untersuchungen zeigen, wie weit die theoretische Vorstellung sich in der Praxis auswirken kann.

#### Literatur

- Adams, W.A., V.I. Stewart and D.J. Thornton (1971). The assessment of sand suitable for use in sportsfields. Jour. Sports Turf Res. Inst. No. 47. p. 77.
- Anonymous (1974). DNA Sportplätze-Rasenflächen, DIN 18-035, Bl. 4. Bueth-Verlag Gmb H, Berlin und Köln.
- Anonymous (1960). Specifications for a method of putting green construction. US Golf Assoc. Jour. and Turf Management 13 (5):30-32.
- Becher, von H.H. and K.H. Hartge (1972). Modelversuche zur Substanzverlagerung in Boden. Zeitschr. Pflanzenernähr. und Bodenkunde. 132(3): 240-242.
- Blake, G.R. and J.B. Page (1948). Direct measurement of gaseous diffusion rate in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13:37-42.

- Blake, G.R. (1980). Proposed standards and specifications for quality of sand for sand-soil-peat mixes. Proc. Third Int. Turfgrass Research Conf. pp 195-203.
- Blake, G.R., D.H. Taylor and D.B. White (1981). Sports-turf soils: Laboratory Analysis to field installation. Proc. Fourth Int. Turfgrass Research Conf. p 209.
- Brown, K.W. and R.L. Duble (1975). Physical characteristics of soil mixtures used for golf green construction. Agronomy Jour 67: 647-652.
- Ferguson, M.H. (1955). When you build a putting green make sure the soil mixture is a good one. US Golf Assoc. Jour. and Turf Management 8(6): 26-29.
- Garman, W.L. (1952). The permeability of various grades of sand and peat and mixtures of these with soil and vermiculite. US Golf Assoc. Jour. and Turf Management 6(1):27-28.
- Hartge, K.H. (1978). Einführung in die Bodenphysik. Enke Verlag, Stuttgart.
- Hillel, Daniel (1980). Fundamentals of Soil Physics. Academic Press, New York.
- Janson, L.E. (1969). Adequate soil type for turfgrasses. Proc. First Int. Turfgrass Res. Conf. pp. 142-148.
- Radko, A.M. (1975). Refining green section specifications for putting green construction. Proc. Second Int. Turfgrass Res. Conf. pp 287-297.
- Skirde, W. (1974). Soil modification for athletic fields. Proc. Second Int. Turfgrass Res. Conf. pp 261-269.
- Stakman, W.P. (1969). The relation between particle size, pore size and hydraulic conductivity of sand separates. Symposium on water in the unsaturated zone, Proceedings, Volume 1. pp 373-383. Ed. by P.E. Rijtema and H. Wassink. IASH/AIHS- Unesco.
- Taylor, D.H. (1978). The effect of sand content of sand-soil-peat mixtures on soil properties of importance to field sports play. M.S. Thesis. University of Minnesota, St. Paul.
- Taylor, D.H. and G.R. Blake (1979). Sand content of sand-soil-peat mixtures for turfgrass. Soil Sci. Soc. Jour 43: 394-398.

Soils for Sports and Other Leisure Time Uses

Most naturally-occurring soils will sustain grasses for parks or other leisure uses if fertilizer, lime and water are adequate. If there is more than occasional foot traffic plus that needed for maintenance, there will often be need for cultivation to insure water and air penetration into the soil surface. An aerifier is one such cultivator which cuts through the vegetative layer and removes small soil cylinders on a 10 to 20 cm grid to a depth of 6 to 10 cm. Depending on the soil type and the traffic intensity, cultivation may be needed one to several times each season. Golf fairways, broad open parks and areas surrounding playing fields can be maintained by use of well-known turf management practices including cultivation.

On playing fields with intense traffic, often at times when soils are wet and thus easily puddled, grass cannot be maintained without greatly modifying the natural soil. In this case there are two alternatives: use bare soil for such sports as tennis, bowling and for baseball infields, or use an artificially-compounded soil mixture for sports like football, soccer and for golf greens where grass surface is desired. Artificially-compounded soil commonly consists of one or more additives to natural soil to create a mixture that will accept packing and puddling from traffic and will still maintain adequate medium and large pores through which air and water can pass. Suitable artificial soil mixtures consisting of sand, soil and peat are described.

Criteria used for selecting the kind and amount of sand, the quality of the soil and peat are reviewed. The depth of such a soil mixture depends on the size distribution of the sand and the ultimate texture of the soil mixture. Principles upon which this is determined are described. The hydraulics of water retention and water outflow in these essentially "interrupted profiles" are discussed. Specifications for builders and soil mix suppliers, as a means of controlling compliance in the mixing and laying process in preparation for seeding grasses, are presented. Methods used by contractors for mixing the artificial soil are illustrated.



PLANNED USE OF TURF - DESIGN AND MAINTENANCE

VON  
W.A. ADAMS<sup>+</sup>)

Introduction

Urban expansion has deprived many people of easy access to space uncluttered by material fabrication. It is acceptable to be cloistered in an inanimate environment for a limited period but there must be diversity of experience. Part of a resolution made at the recent IV International Turfgrass Research Conference is recalled; '... turfgrass contributes significantly to the health, comfort, recreation and attitudes of mankind, in addition to serving the usual functions of amenity and sportsturf.' The purpose of this paper is to discuss some soil/turf interactions in contrasting situations where turf is used for amenity or sport. These aspects have implications for urban planners and those concerned with the management of turf facilities.

Turf Use

Though there are intermediate situations I shall divide turf into two extreme types. Firstly the urban open green area or park which, by concept, is an extensive area used for childrens' play or leisure or relaxation mainly during the summer. Such areas are not intended for vigorous physical activity. Turf provides the ground cover but additional shrub or tree species may be included to increase biological diversity and create the atmosphere of seclusion. Once the intensity of use becomes excessive the design function of an area of this type is lost.

The second type is the sports field consisting of one or more formal units and used intensively for games. The precise game involved is of relevance, however, I shall restrict consideration in this paper to areas used for football including both soccer and rugby. This choice is not unreasonable since in Britain at least, many open urban areas have been taken over for use by these games. Also it permits a clear identification of some of the contrasting demands on turf and soil.

---

<sup>+</sup>) Soil Science Unit, Dept. Biochemistry and Agricultural Biochemistry, University of Wales, Aberystwyth, U.K.

The Urban Park

The soil requirements for this facility are undemanding in terms of physical properties and nutrient status. Overall financial inputs in creation and maintenance are modest. Fundamentally the main cost lies in the willingness of society to recognize the intangible value of an open area as distinct from building development.

Turf in urban parks provides a perennial, green, soft groundcover which is quiet to walk on, is self cleaning and counters dust and mud. The mat forming turfgrasses and particularly the fine leaved fescues (e.g. Festuca rubra L) and bents (e.g. Agrostis Tenuis Sibth) are well suited to this function. They are slow growing and tolerant of soil infertility. When grown under these conditions their leaves are not succulent as are those of clover, for example, so that this turf is less likely to cause stains on the clothes of children. Despite their relative slowness of growth in comparison with Lolium perenne L their biomass below the normal height of cut is greater and they therefore cushion the mineral soil surface (Fig. 1).

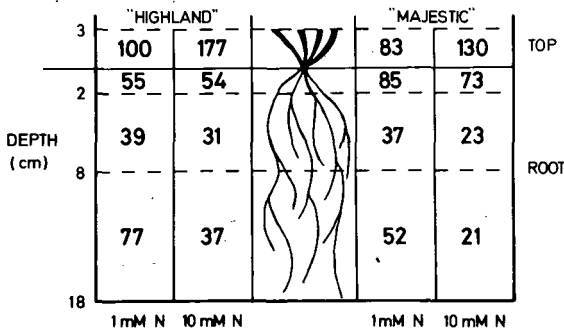
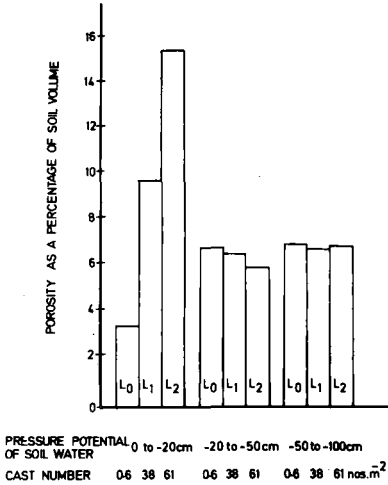


Fig. 1:  
Biomass distribution with depth (g.m<sup>-2</sup> D.Wt) in Agrostis tenuis 'Highland' and Lolium perenne 'Majestic' grown in sand culture at two levels of nitrogen for 100 days and maintained at 3 cm height of cut.

Fine leaved fescues and bents also tolerate moisture stress and levels of soil acidity below those casting earthworms can withstand. This is relevant because irrespective of the effects of earthworms on plant residue incorporation, soil aeration and drainage (Edwards and Lofty, 1977) which are valuable in other contexts, in this situation large populations of earthworms disrupt the integrity of a turf mat, produce a spongy surface with a high macroporosity and their casts, particularly in the spring and autumn produce an undesirable smeary surface (Fig. 2).



**Fig. 2:**  
Effect of casting earthworms on the macroporosity of a mid-Wales hill pasture soil (0-5 cm depth), three years after ground limestone application (L1 = 930 kg ha<sup>-1</sup>, L2 = 5130 kg ha<sup>-1</sup>) Mean earthworm cast number recorded from visual inspection in mid-October.

In addition to the fibrous turf mat of living tissue on uncultivated soils devoid of earthworms, an organic rich surface develops consisting of turf-grass residues at various stages of humification. This is commonly called thatch (Adams and Saxon, 1979) and its development parallels a decrease in the depth of soil which is biologically active, for in time turf roots become virtually restricted to this organic rich zone. The underlying soil may become compact and poorly structured (Stewart, 1980). However, significant changes take several years to materialise and it is practicable to control thatch development by imprecise control of earthworm populations either through soil pH or chemical methods. Whilst even a shallow depth of thatch can have a marked effect on soil water relationships under specific conditions, general effects do not appear until the thatch layer exceeds around 2 cm. Table 1 for example illustrates a thatch layer of 2 cm which has been found satisfactory for test cricket at the low intensity summer use of a cricket outfield.

**Table 1:** Organic matter distribution with depth in cricket outfield turf, earthworms controlled chemically (for 30 yrs.)

Depth	% Organic Matter	pH
0- 2 cm	66	4.5
2- 5 cm	7.0	-
5-20 cm	4.5	5.8

Turfgrass composition is dynamic and the persistence of particular grasses is influenced by both aerial and soil environments and maintenance practices including the height and frequency of cutting (Adams, 1977). Competition with fine leaved fescues and bents from more vigorous species including L. perenne and many broad leaved weeds is reduced at soil pH values below 5, primarily because the former are relatively tolerant of soluble Al (Bradshaw, 1980). Low fertiliser inputs, particularly N and P at relatively low soil pH's also reduce competition from P. annua which despite being an important turfgrass on intensively used sportsturf in Britain and elsewhere (Adams, 1975), it is extremely difficult to manage extensively because of its disease susceptibility, particularly to Fusarium nivale (Escritt and Woolhouse, 1969) and intolerance of drought and nutrient stress. On established urban parks, when grass clippings are not removed, the need for fertilisers is small. Adequate growth can normally be maintained by a single spring application supplying 30, 5, 10 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O respectively.

With prescribed intensities and types of use the turf mat on urban parks remains intact and protects the mineral soil from mechanical damage. Soil textures over a wide range require no modification or amendment. Land contouring should avoid the creation of concave receiving sites and any under-drainage should be designed primarily for watertable control. On silty soils in particular, profile drainage may become inadequate where annual rainfall exceeds around 750 mm yr<sup>-1</sup>. On such soils underdrains at 20 m centres with permeable fill to within 20 cm of the surface will enable mechanical procedures to be used to remove excess surface water. The cost of initial drainage work is unlikely to exceed £ 1000/ha at present prices.

The prime danger on urban parks is when they become used for games in winter. If this occurs the turf mat will neither remain intact nor will it protect the underlying soil from compaction and structural collapse. Natural repair of a torn turf mat is slow and areas devoid of turf cover will inevitably develop.

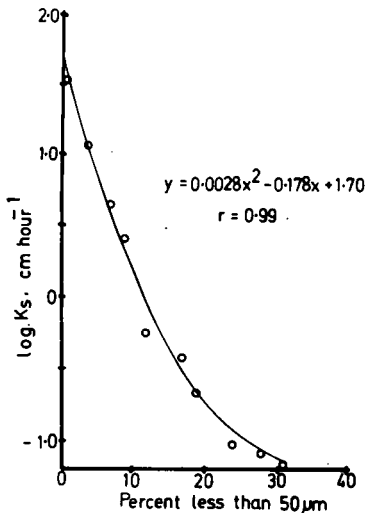
#### Sportsturf used for winter games

This type of turf facility is different from that previously described. Use involves both compaction and tearing and occurs when growth is slow or non-existent and precipitation normally exceeds evapotranspiration. Under wear stress soil structure in the sense of particle aggregation cannot persist and single particle systems must be prescribed to prevent ponding under anticipated rainfall intensities. Not only this but the soil fabric in con-



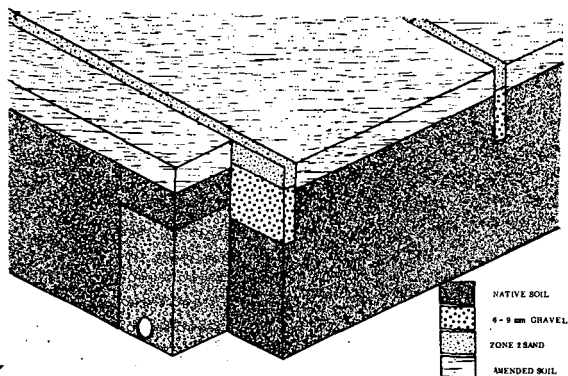
junction with the turf must be sufficiently stable to resist erosion of the surface. Over recent years there has been considerable research on suitable systems and practical experience has both stimulated research effort and tested its conclusions.

The surface layer or rootzone of around 15 cm depth is critical and it is the soil design of this layer which is of greatest importance because this receives the greatest impact of compaction and wear. In addition to having a high hydraulic conductivity and resistance to shear it must also provide a suitable environment for plant roots. At present it is only possible to use sand particles to control pore space distribution and research has indicated particles in the size range 100-600  $\mu\text{m}$  to be most appropriate (Adams, Stewart and Thornton, 1971a). Quite small amounts of either fine mineral fractions or colloidal organic matter have a substantial effect on the saturated hydraulic conductivity ( $K_s$ ) of sands when subjected to intense compaction. A  $K_s$  of around 1  $\text{cm hour}^{-1}$  is often taken as the lower limit of suitability and this is achieved when only about 12 % of the mineral fabric is in size categories less than 50  $\mu\text{m}$  (Fig. 3). Silt and clay sized fractions have the advantage of increasing the resistance to shear of pure sands but this has to be weighed against the disadvantages of decreasing  $K_s$  and thus increasing the likelihood of ponding during heavy rain (Adams, 1981).



**Fig. 3:**  
Relationship between saturated hydraulic conductivity,  $K_s$ , and the amount of mineral matter less than 50  $\mu\text{m}$  in diameter in compacted mixes with a wind sorted fine sand.

Though the main drainage problem of intensively used sportsturf is the transmission of water through the rootzone to the subsoil, subsoil composition influences the rate of decrease in pressure potential of the rootzone following rain when traditional drainage methods are used (van Wijk, 1980). Construction of a complete sand profile eliminates variations due to subsoil, also the inclusion of an impermeable barrier at the profile base permits watertable control (Adams, Stewart and Thornton, 1971 b). The construction depth necessary is determined by the water release characteristics of the rootzone sand but is unlike to be less than 35 cm. Though this type of system may be justified in some situations the cost is high. Considerable savings can be achieved in most cases by the use of vertical drainage systems allied to rootzone design, an example of which is illustrated in Fig. 4.



**Fig. 4:**  
Sand/gravel slit system inserted following topsoil amendment on site with fine sand. Slits connect with permeable fill over underdrains at 20 m centres. Amended soil 12 cm deep with 15% < 50  $\mu$ m. Slits 30cm deep, 5 cm wide at 1 m centres with 10 cm of Zone 2 sand ( $K_s = 50 \text{ cm hour}^{-1}$ ) overlying 20 cm of 6-9 mm gravel ( $K_s = 1.4 \times 10^4 \text{ cm hour}^{-1}$ ).

Whilst soils can be designed which provide an adequate air/water balance for turfgrass roots the sandy nature of these materials means that they are both poor suppliers and retainers of plant nutrients. Turfgrass cultivars for intensively used athletic turf (primarily Lolium perenne in western Europe) must be both tolerant of wear and quick to recover from wear. This entails a rather precise control over soil nutrient status. Fertiliser use on athletic turf must be far greater than on park turf, indeed under average conditions, when grass clippings are removed of the or-

der of 260, 70, 200 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O respectively must be applied merely to replace nutrients removed in clippings (Adams, 1977).

There are a number of soil/turf interactions in the field of sportsturf which are as yet poorly understood. These could have an impact not only on sportsturf management but also on future turfgrass breeding and selection programmes. For example although fine mineral fractions in sand increase resistance to shear, under the effect of intense wear in the absence of turf cover particle segregation occurs resulting in the formation of a fine textured crust which completely modifies infiltration rates (Adams, 1981). This merely illustrates the dynamic nature of sportsturf soils which can change markedly even over the period of one game. Secondly whilst the resistance to shear in sands is increased by proportions of silt and clay a much greater increase is brought about by the roots of L. perenne. It is worthy to note however that a similar weight of Ag. tenuis roots have very little effect, illustrating substantial species variation (Tab. 2).

Table 2: Comparative effect of the incorporation of 12 % by weight of soil fractions smaller than 50 µm in diameter into fine sand and the presence of roots\* of 100 day old plants of either Agrostis tenuis 'Highland' or Lolium perenne 'Majestic' on the resistance to shear (g) of a wind sorted fine sand compacted with a pressure of 3 x 10<sup>4</sup> Pa and equilibrated at a pressure potential of soil water of -30 cm.

Fine sand	Fine sand plus 12% <50µm	Fine sand plus 'Highland'	Fine sand plus 'Majestic'
1,230 g ± 40	2,040 g	1,320 g ± 140	3,000 g ± 200

\*Root biomass in Fig. 1

It is clear that the demands created by intensively used sportsturf are great both in initial design and construction and in subsequent maintenance. With present knowledge and technology it is possible to create on most sites a turf surface suitable for intensive use for around £ 30,000/ha. Intensive use may be taken as around 120 hours of play over a winter period for professional soccer or secondary school pupils use of around 360 hours over a similar period. Longterm maintenance costs are likely to reflect the major difference in construction cost between the two turf types discussed.

### Conclusions

Allocation of open space for green areas is essential in the urban environment to create diversity of experience.

For urban parks the main 'cost' lies in the decision to allocate potentially valuable land for this purpose. Parks must be extensive to serve any useful function though costs in creation and maintenance are low relative to other turfgrass areas. Most native soils can be used with little modifications.

Sportsturf for intensive use can be produced on virtually any base material through the creation of soils to proven designs. Construction and maintenance costs are high and management requires expert knowledge.

The ability to maintain turf at high intensities of use should not be used as an excuse to allocate smaller areas for urban turf, for extensive turf in parks serves a valuable function. Failure to designate sufficiently large areas for turf in urban areas at a time when demand for use is increasing, will inevitably lead to the replacement of existing turf areas by artificial surfaces.

#### References

- ADAMS, W.A., 1975: Some developments in the selection and maintenance of turfgrasses. *Scientific Horticulture* 26, 22-27.
- ADAMS, W.A., 1977: Effects of nitrogen fertilisation and cutting height on the shoot growth, nutrient removed and turfgrass composition of an initially Perennial ryegrass dominant Sportsturf. Proc. III Int. Turfgrass Res. Conf. 343-350.
- ADAMS, W.A., 1981: Soils and Plant Nutrition for Sportsturf: Perspective and Prospects. Proc. IV Int. Turfgrass Res. Conf. 167-179.
- ADAMS, W.A. and SAXON, C., 1979: The occurrence and control of thatch in sportsturf. *Rasen Turf/Gazon* 10, 76-83.
- ADAMS, W.A., STEWART, V.I. and THORNTON, D.J., 1971a: The assessment of sands suitable for use in sportsfields. *J. Sportsturf Res. Inst.* 47, 77-86.
- ADAMS, W.A., STEWART, V.I. and THORNTON, D.J., 1971b: The construction and drainage of sportsfields for winter games in Britain. *Welsh Soils Disc. Grp. Ann. Rpt.* 12, 85-95.
- BRADSHAW, A.D., 1980: Mineral Nutrition in Amenity Grassland - an Ecological Perspective ed. I.H. Rorison and R. Hunt. pub. Wiley. pp 101-118.
- EDWARDS, C.A. and LOFTY, J.R., 1977: *Biology of Earthworms*. pub. Chapman and Hall Ltd. London.
- ESCRIPT, J.R. and WOOLHOUSE, A.R., 1969: Fungal diseases of turf in Britain. Proc. 1st Int. Turfgrass Res. Conf. 346-350.
- STEWART, V.I., 1980: Soil drainage and soil moisture in; Amenity Grassland - an Ecological Perspective ed I.H. Rorison and R. Hunt pub. Wiley, pp 119-124.
- van WIJK, A.L.M., 1980: *Playing conditions of grass sports fields*. Agric. Res. Rep. 903, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

### Planung von Rasenflächen: Entwurf und Unterhaltung

Städtisches Grün reicht vom extensiv genutzten Zierrasen bis zu ganzjährig intensiv benutzten Sportplätzen. Zierrasen erfordert geringe Unterhaltung. Deren Gräser sind feinblättrig und wachsen auf sauren, nährstoffarmen Böden mit Torflage langsam. Verdichtung durch Druck hat für solche Rasenflächen enorme Konsequenzen und zwar nicht nur in städtischen Parkanlagen, sondern auch bei ländlichen Grünanlagen sowie Heideflächen, die Autofahrern zugänglich sind. Das Wurzelgeflecht schützt feine Gräser bei Erstbelastungen; wird dieses jedoch zerstört, so ist die Regeneration solcher Grasbestände sehr langwierig; häufig treten stattdessen aufgrund fortgesetzter Nutzung weitere Schäden auf. Mit der Belastung wird auch die Bodenstruktur vernichtet, so daß ein tragfähiger Rasen nur mit Hilfe von Verbesserungen der bodenphysikalischen Eigenschaften, des Nährstoffstatus und der Änderung der Rasenmischung unter hohen Kosten wiederhergestellt werden kann.

Eigene Untersuchungsergebnisse sowie Beobachtungen an vorhandenen Sportflächen zeigen, daß die Tragfähigkeit durch kontrollierte Bodenbeschaffenheit deutlich gesteigert wird. Dies führt aber auch dazu, daß bei der Planung und Anlage von Rasenflächen auch Angaben über die maximale Belastbarkeit gemacht werden müssen.



SOME SPECIAL FEATURES OF SOIL MANAGEMENT IN URBAN AREAS

by  
CORNELIU RĂUȚĂ<sup>1)</sup> and STELIAN CĂRȘTEA<sup>1)</sup>

"The most precious natural  
wealth is, doubtlessly, the  
soil."

Jean Dorst

Today, in the world, 40 per cent of the population live in cities as compared with 15 per cent early this century. According to the forecasts, at the end of this century, between a half and two thirds of the world population will be concentrated in cities. The urbanization rate all over the world is 4-5 times higher than the population increase rate. This urban explosion is also characteristic to Romania as a result of several factors - first of all the industrialization, agricultural mechanization and planned urban development - that accelerated the urbanization process. At present, the urban Romanian population represent about 50 per cent of the total population (Comunicat..., 1981) and they will increase in future to 60-70 per cent.

Daily, small towns are becoming true cities and the present cities are increasing due to the possibilities to concentrate some special or other functions, the efficient achievement of the facilities ensuring high comfort and many other advantages.

But the uncontrolled development of the cities causes both the deterioration of the very city reality (Bonnesfus, 1976) and the degradation of the outside natural framework: the lakes and swamps are drained, the stream channels are modified, the forests are cleared, the cultivated or cultivable lands are shifted to other uses, even new anthropic soils are formed on waste deposits, etc.

Moreover, in the urban areas, the soil is the meeting place of all the pollutants: dusts, drifts and toxic gases from the air; infiltration waters impregnate soil with pollutants translocating them in the deeper

---

<sup>1)</sup> Research Institute for Soil Science and Agrochemistry,  
Bucuresti, Romania.

parts; polluted rivers contaminate the flooded and irrigated soils; all the solid wastes are thrown on the soil. From cigarette ends and bus tickets to abandoned cars, from leaked oil drops and car gas emissions to the heaps of various wastes, all are representing soil pollution. The measurements performed by our institute in București show a lead loading of soil 20-30 times higher than under normal conditions, and in this city the automotive traffic is far less than in other cities of the world. The continuous loading of soils with pesticides and thousands of synthetic substances manufactured each year, mining, quarrying, disposal of industrial wastes may represent hazards for soil pollution.

Within the urban areas increasing demands are occurring to find better approaches for disposal of wastes, and the role of soils as natural depollutants is more emphasized. For instance, only for the land disposal of sludge resulting from the treatment of wastewaters of București (about 6,500 m<sup>3</sup> of sludge with 95 per cent water, 325 tons of dry matter respectively) about 40,000 ha are needed, an area larger than that occupied by buildings, roads and railways (Cârstea et al., 1978). So more difficult is this problem where the cities are on limited agricultural land area, such as West Berlin and other cities in the world.

Once contaminated or affected, soil resources may be shifted from use for ever, and that is why we need stringent scrutiny of waste disposal, new procedures governing the use of chemicals on the land and the effective control against pollution and other hazards to soils.

These emphasize the fact that soil science and especially applicative pedology should play a special role to scientifically substantiate the urban land zoning and planning, the measures and actions concerning the reclamation and rational use of soils within the human settlements.

First of all, the knowledge as detailed as possible of the soil mantle is an imperative necessity. In our opinion a soil survey should be performed at a scale of 1:5,000 - 1,000 or even larger. Such a study should be diversified much more than the common soil surveys at large scales carried out for agricultural purposes and should provide data and special maps showing the soil quality state from different points of view. It should also provide data and special maps concerning the soil resistance capacity against pollution, especially chemical pollution (heavy metals, fluorine, pesticides, etc.).

From such a study the occurrence of the polluted soils and the extent of the pollution (Rauta et al., 1980; Sistemul .., 1979) should clearly result



in order to distinguish soils loaded at the maximum tolerable limit with various pollutants, which should be protected against the additional disposal, and those still able to receive and support certain pollutants, in what amounts and under what conditions.

Of course, having in mind the degree of loading with different pollutants and taking into account the pollution sources, shown by the soil survey, the following mapping units should be delineated on the map:

- Soils requiring the emission decrease at the pollution source;
- Soils that are at their limit of resistance capacity and
- Soils that could support additional loading of certain pollutants and to what extent.

Soil classification on the basis of the loading and depollution soil capacity, taking into account various pollutants under different conditions of vegetal agricultural use, should be considered as a special problem on the occasion of carrying out soil surveys in urban areas.

Also, on the basis of soil survey and other special researches and studies, it is necessary to delineate mapping units of polluted soils that could receive certain adequate treatments to control or to counteract soil pollution and those whose reclamation is practically inefficient from economic point of view and that should be shifted to other less valuable uses or effectively avoided for economic uses.

Besides these, the soil surveys in urban areas should provide data and special maps concerning:

- Land use planning for the main uses (agriculture, residence, industry, recreation, etc.) with special attention to the identification and delineation of the prime lands from agricultural point of view, mostly devoted to intensive agriculture (especially horticulture);
- Setting up the adequate areas for waste disposal, the municipal and industrial wastewaters included;
- Location of roads;
- Soil corrosion potential in connection with the location of underground conduits, electric conductors, etc.;
- Location of water reservoirs and storages, lakes, etc.

A special chapter should be devoted to soil characterization from the engineering properties point of view, such as depth to major soil horizons important in construction, liquid limit, plastic limit, plasticity index, maximum dry density, optimum moisture content, mechanical analysis, percolation rate, bearing strength, shrink-swell ratio, etc.

Taking into account the high amount of solid wastes, as well as other solid spoils that occur in urban areas, soil science should find out practical ways and procedures to transform all these waste deposits into support and life medium for vegetation, at least to be covered with trees or grasses, if not even reclaimed into horticultural land.

Having in mind the fact that soils in urban areas are under many impacts, some of which with immediate and very severe effects, in these areas much more than anywhere the implimentation of an adequate soil quality monitoring system is of first necessity (Răuță, Cârstea, 1981) as an effective tool for surveillance, prognosis, warning and operational action, so that one may know, in due time, when, where, how and why any phenomenon concerning soil quality occurs.

The diversity and intensity of pressures on soils in overcrowded and concentrated urban areas should determine the urban planners to ensure rational control systems concerning the land consumption as in the case of other natural resources like water. To ensure an urban community development fully harmonized with environment, the urban land management should be performed on the basis of the ecological planning concept, according to a controlled cybernetic system.

Before licensing for different land uses, especially for waste dump locations, the planners and policy-makers should carefully analyse the land proposed in this view. The urban soil management should include integrated multidisciplinary cooperation in order to ensure multipurpose land use. For this reason, the planners and policy-makers should take into account as much as possible the soil properties. Many serious and costly mistakes could be avoided by using basic soil information. This is why the role of soil science, especially soil survey, should become more and more important, as a main tool for the specialists in urban planning and zoning, in urban soil management. The role of soil maps and their interpretations in urban planning for today and tomorrow is fundamental. The problems which man is facing now become more and more complex as our once waste soil resources are diminishing.

All these are reasons enough for the general public, besides specialists, to be more concerned in the importance of soil information for the community welfare and development.

#### REFERENCES

- BONNEFUS, Edouard, 1976: Omul sau Natura? Editura politică, București.  
CÂRSTEA, S., RĂUȚĂ, C., NASTEĂ, S., DUMITRU, M., 1978: Studii privind  
posibilitățile de valorificare agricolă a namolurilor rezultate

de la Statia de epurare a orasului București, Institutul de cercetari pentru pedologie si agrochimie, București, Romania.

- RAUTĂ, C., CĂRSTEA, S., 1981: Sistemul national de monitoring al calitatii solului în Republica Socialista România, Conferinta de ecologie "Valorificarea optima a resurselor naturale", Constanta, România, 26-29 mai 1981.
- RAUTĂ, C., CĂRSTEA, S., NASTEIA, S., 1980: Principalele criterii de identificare si caracterizare a solurilor poluate si a surselor de poluare a acestora, Analele Institutului de cercetari pentru pedologie si agrochimie, Volumul XLIV, București.
- XXX Sistemul român de clasificare a solurilor, 1979, Institutul de cercetari pentru pedologie si agrochimie, București, România.
- XXX Comunicat cu privire la îndeplinirea Planului national unic de dezvoltare economicosociala a Republicii Socialiste România în perioada 1976-1980, Scinteia, Anul I, nr. 11.956, 30 ianuarie 1981.

### Einige besondere Merkmale der Bodenbewirtschaftung städtischer Gebiete

Weil die Böden städtischer Ballungen viele komplexe Funktionen besitzen und verschiedenartigen Einwirkungen unterworfen sind, beschäftigt sich dieser Bericht mit den Beiträgen der Bodenkunde für eine bessere Bodenbewirtschaftung kommunaler Räume. Diese Beiträge können sein:

- Zonierung der Böden, um diejenigen mit höchster Fruchtbarkeit oder höchstem Fruchtbarkeitspotential für die landwirtschaftliche Nutzung zu reservieren; hauptsächlich für den Gemüseanbau;
- Bodeneignungsbewertung unter heutigen und verbesserten Bedingungen für verschiedene landwirtschaftliche Kulturen, Grünland und Forst;
- Klassifizierung und Kartierung derjenigen Flächen, die für andere Zwecke, als die der Landwirtschaft, freigegeben werden können;
- Rückführung degradierten Geländes in sozialökonomische Nutzung;
- Steigerung der Bodenresistenz für verschiedenartige Einwirkungen der städtischen und industriellen Tätigkeiten;
- Weisen und Vorbereiten von Flächen, auf denen verschiedene Abfälle ausgebracht werden können, ohne daß Boden, Pflanzen und Umweltqualität gefährdet werden;
- Ausweisen von Flächen für Abfalldeponien;
- Kompostierung bestimmter fester Abfälle.

Dieser Bericht gibt Hinweise für ein Bodenqualitätsüberwachungssystem städtischer Böden zwecks Vermeidung einer Destruktion.



BAUEN IM DELTAGEBIET DER NIEDERLANDE  
UND FOLGEN FÜR DAS STÄDTISCHE GRÜN

VON

J.G.C. van DAM und F.A. WOPEREIS<sup>+</sup>)

Einleitung

Im dicht bevölkerten Deltagebiet der Niederlande kommen viele weiche Moor- und Marschböden mit hohen Grundwasserständen vor, die zur Bebauung wenig geeignet sind. Die alten Siedlungen wurden deshalb soweit wie möglich auf den, räumlich beschränkten, höher gelegenen Rücken mit festen Ton- und Sandböden gegründet (Westerveld und van den Hurk, 1973). Durch Erweiterung der Wohngebiete waren die tragfähigeren Böden rasch bebaut, sodaß man auf labile Böden angewiesen war. Beispiel einer derartigen Entwicklung ist die Stadt Haarlem (van Dam und Wopereis, 1978). Sie wurde auf einem Strandwall, einem alten, niedrigen Dünenzug gegründet, der nahezu parallel zu den jungen Dünen verläuft. Der Strandwall ist genügend tragfähig, naturgemäß gut entwässert und damit für den Wohnungsbau gut geeignet. Als er bebaut war, mußte auf den weniger geeigneten Moor- und Marschböden gebaut werden. In Bezug auf Tragfähigkeit, Begehrbarkeit und Entwässerung genügen diese Böden den von den Bauämtern gestellten Anforderungen nicht. Daher schüttet man die Böden mit einer Sandschicht von einem bis mehreren Metern Höhe auf (Schultz und Segeren, 1976). Vor dem zweiten Weltkrieg wurde der Sand mit Schiffen und Lastwagen herbeigeschafft, nach dem zweiten Weltkrieg ging man dazu über, das Baugelände meistens durch Aufspülen von Sand aus dem Untergrund zu erhöhen. Die dadurch entstandenen Teiche können als Erholungsgebiete genutzt werden.

Vor- und Nachteile des Erhöhen mit Sand für den Städtebau

In städtebaulicher Hinsicht hat das Erhöhen weicher Böden mit Sand viele Vorteile (Hengeveld und Segeren, 1980). Man erhöht damit die Tragfähigkeit des Baugeländes, was für den Bau und die Instandhaltung von Straßen und Parkplätzen von Bedeutung ist. Die bessere Begehrbarkeit des Baugeländes

---

<sup>+</sup>) Niederländisches Institut für Bodenkartierung, P.O. Box 98,  
6700 AB Wageningen

ist auch günstig für Bauarbeiten in den Wintermonaten. Der Sand bietet außerdem eine saubere Arbeitsfläche und damit eine bessere Qualität der Bauarbeiten. Auch erleichtert er die Trockenlegung, ein Vorteil beim Verlegen von Kabeln und Leitungen, und schließlich kommt das Sandbett unter den Straßen und Wegen Frostschäden zuvor.

Ein Nachteil der Erhöhung mit Sand ist, daß sich die Oberfläche durch Konsolidierung des weichen Untergrundes senkt. Diese Sackung ist kurz nach dem Aufspülen am stärksten, danach nimmt sie langsam ab. Mit Rücksicht auf die zukünftigen Instandhaltungskosten von Straßen, Kabeln und Leitungen und des städtischen Grüns ist es also wichtig, daß erst nach der stärksten Sackung mit den Bauarbeiten begonnen wird. Dränieren des Sandes kann den Ablauf dieses Prozesses erheblich beschleunigen (Abb. 1).

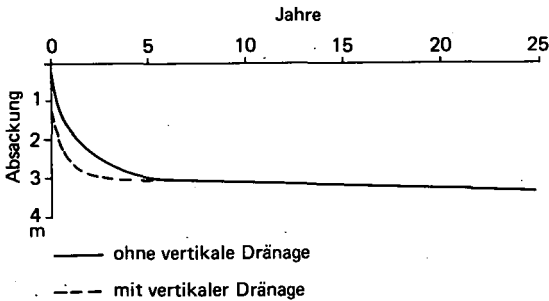


Abb.1 Absackung der Oberfläche im Laufe der Zeit bei 4 m Sandaufspülung über 7,5 m Moor (nach Arkenbout, 1981)

#### Vor- und Nachteile des Aufschüttens für das Städtische Grün

Der humus-, ton- und lehmarmer Sand, den man zum Erhöhen benutzt, bildet einen schlechten Standort für das städtische Grün. Er ist wenig fruchtbar und hat eine geringe Nutzwasserkapazität. Ein glücklicher Nebenumstand dagegen ist, daß der Grundwasserspiegel sich nur in einer Tiefe von 1 bis 1 1/2 m befindet, so daß Bäume, Sträucher und Rasen vom kapillaren Aufstieg profitieren, vorausgesetzt, daß die Wurzeln genügend tief in den Boden eindringen können. Die Mächtigkeit der wurzelfreien Zone oberhalb des Grundwassers darf nämlich je nach Körnung des Sandes, nicht mehr als 30 bis 60 cm betragen. Ist diese Schicht dicker, dann verringert sich der kapillare Aufstieg in die durchwurzelte Zone erheblich (Wopereis, 1980).

Aufgespülter Sand hat infolge seiner großen Dichte einen hohen Eindringwiderstand (Abb. 2). Das ist vorteilhaft für Tragfähigkeit und Begehbarkeit

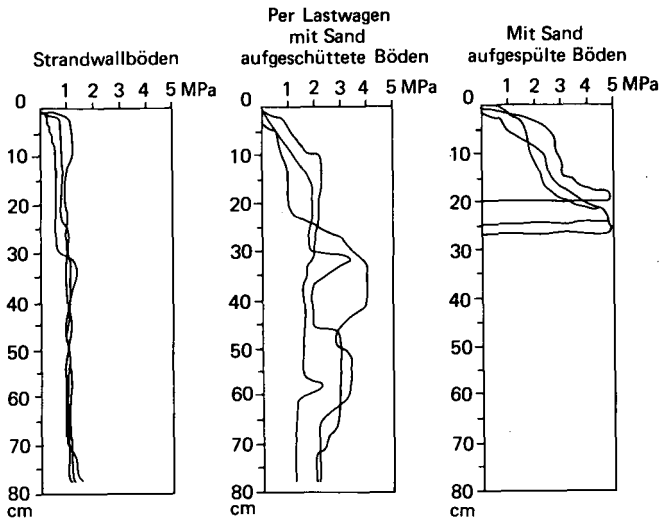


Abb. 2 Eindringungswiderstände bei drei Sandböden in der Stadt Haarlem (nach van Dam und Wopereis, 1978)

aber ungünstig für das Wachstum der Pflanzenwurzeln. Bei dem mit Lastwagen oder Schiffen herbeigeschafften Sand die Eindringwiderstände örtlich sehr verschieden. Sie hängen hauptsächlich von den Umständen, unter denen der Sand aufgeschüttet wurde, ab.

Auch das Absacken der Oberfläche hat Folgen für das städtische Grün (van Dam, 1980). Eine ungleichmäßige Bodensenkung bewirkt, daß Straßenbäume oft schief wachsen, die Entwässerung ungünstig beeinflusst wird und außerdem wiederholt aufgeschüttet werden muß. Die Folge ist, daß Sträucher und Bäume verpflanzt, Rasen aufs Neue eingesät und Bäume wieder aufrecht gesetzt werden müssen. Ist die aufzutragende Schicht mächtig, müssen die Bäume angehoben, eventuell ausgehoben und nach der Aufschüttung wieder eingepflanzt werden. Starke Eingriffe in das Wurzelsystem machen ein starkes Zurückschneiden der Krone nötig. Einige Arten, z.B. Pappel und Weide, vertragen das Aufschütten ziemlich gut, weil sie imstande sind, im frisch aufgetragenen Material neue Wurzelkränze zu bilden (van Dam, 1980).

Ein positiver Aspekt des wiederholten Aufschüttens ist, daß man die Bepflanzung renovieren und die Grünflächen nach neueren Einsichten gestalten kann.

### Verbesserung von Standortbedingungen für das städtische Grün auf aufgespültem Sand

Die Straßenverwaltung erlaubt ein Lockern des Bodens unter dem Pflaster zwischen Straßenbäumen nicht. Das Wachstum der Wurzeln und die Verankerung der Straßenbäume unter den Gehwegen wird deshalb hauptsächlich von der Größe des Pflanzloches bestimmt. Begnügte man sich bisher mit Pflanzlöchern von einem Kubikmeter, wird in letzter Zeit ein Volumen von zwei bis vier, in besonderen Fällen noch mehr Kubikmetern bevorzugt.

Bei Grünstreifen kann die große Dichte eines aufgespülten Sandes durch Lockern des Sandes behoben werden. Die Tiefe dieser Bearbeitung bestimmt die Tiefe der Bewurzelung, die vorzugsweise so sein soll, daß die Pflanzen vom kapillaren Aufstieg aus dem Grundwasser profitieren können. Eine tiefe Bodenbearbeitung findet am besten vor Beginn der Bauarbeiten statt. Man braucht dann keine Schäden an Kabeln und Leitungen zu befürchten und wird nicht von im Boden verbliebenen Bauabfällen behindert. Leider ist eine so frühzeitige Bearbeitung meist nicht möglich, da die Planung der Anlage noch nicht endgültig abgeschlossen ist. Muß man den Boden nach Ablauf der Bauarbeiten lockern, dann ist man wegen der Bauabfälle auf bestimmte Maschinen angewiesen. Gut bewährt hat sich dabei der Bagger.

Höhere Humus- und Tongehalte im Boden verbessern Nährstoffangebot und Wasserkapazität. Versuche von Wardenier und Ryniersce (1979) haben ergeben, daß man einen guten Untergrund für Grünpflanzen erhält, wenn man Humus und/oder tonreiches Material mit dem aufgeschütteten Sand mischt.

Die Mächtigkeit des Auftrages hängt von der Art der Bepflanzung ab. In Amsterdam trägt man z.B. für Rasen 20 cm auf und mischt diese mit 20 cm des darunter liegenden Sandes. Für Grünstreifen mit Bäumen und Sträuchern trägt man 35 cm auf und mischt diese mit 25 cm des Sandes.

Die Lage des Grundwassers wird von den Gartenbauämtern meistens ungenügend berücksichtigt. Der Boden wird beinahe ausnahmslos nicht tief genug bearbeitet, so daß die Pflanzen in Trockenperioden von dem schon erwähnten kapillaren Aufstieg aus dem Grundwasser nicht profitieren können. Für Einzelbäume werden tiefere Pflanzlöcher angelegt, wodurch die Wasserversorgung verbessert wird. Die Pflanzlöcher werden mit "Baumerde" aufgefüllt, ein oft künstlich zusammengestelltes, humoses Bodengemisch. Diese Baumerde darf allerdings nicht zuviel leicht abbaubare organische Substanz enthalten, da sonst die Gefahr besteht, daß der Sauerstoffgehalt der Bodenluft durch mikrobiologische Prozesse stark abnimmt, was zum Absterben der gepflanzten Bäume führen kann (Bakker et al., 1979). Befürchtet man Sauerstoffmangel, kann die Bodenbelüftung verbessert werden, indem Belüftungs-



rohre in das Pflanzloch eingebaut werden. Die Rohre müssen aber perforiert und ihr Durchmesser genügend groß sein. Sie müssen so angebracht werden, daß ein Luftaustausch durch die Rohre auch stattfinden kann.

Bäumen in Grünstreifen und auf Rasen steht ein größerer Wurzelraum zur Verfügung als Straßenbäumen, die in aufgespültem Sand gepflanzt werden. Bei letzteren bleibt die Bewurzelung zwangsläufig auf das Pflanzloch beschränkt, wodurch sie normalerweise viel schlechter gedeihen als Bäume von Grünstreifen.

Untersuchungen von Bakker et al. (1979) haben gezeigt, daß sich eine Mischung von Feinsand mit 3 bis 5 % Humus nur so wenig verdichtet, daß einerseits die auftretende Sackung für die Straßenverwaltung akzeptabel ist, und andererseits das Gedeihen der Wurzeln nicht beeinträchtigt wird. In Amsterdam und in anderen Städten wird dieses Gemisch zur Zeit probeweise für Straßenbäume auf Gehwegen verwendet.

#### Literatur

- ARKENBOUT, H.A., 1981: Grondmechanische aspecten bij het bouwrijpmaken van terreinen. Polytechnisch Tijdschrift 36: 189-198.
- BAKKER, J.W., J.P. COUENBERG en G.T. VISSER, 1979: Bodemverbetering rond straatbomen met zand-zwartveenmengsels. Groen 35: 229-232.
- DAM, J.G.C. van, 1980: Bouwrijpmaken en stedelijk groen. In PDOCT-cursus: Waterbeheersing van stedelijke gebieden en bouwrijpmaken van terreinen. Uitg. Stichting PDOCT, Delft.
- DAM, J.G.C. van en F.A. WOPEREIS, 1978: Grond en groen in Haarlem. Groen 34: 1-5.
- HENGEVELD, H. en W.A. SEGEREN, 1980: Enkele aspecten van het bouwrijpmaken van terreinen voor stedelijke gebieden. Polytechnisch Tijdschrift 35: 663-668.
- SCHULTZ, E. en W.A. SEGEREN, 1976: Cultuurtechnische aspecten van het bouwrijpmaken van terreinen. Cultuurtechnisch Tijdschrift 16: 19-22.
- WARDENIER, H.J. en K. RYNIERSCE, 1979: Grondverbetering voor stedelijke beplantingen in de IJsselmeerpolders. Groen 35: 421-427.
- WESTERVELD, G.J.W. and J.A. van den HURK, 1973: Applications of soil and interpretive maps to non-agricultural land use in the Netherlands. Geoderma 10: 47-65.
- WOPEREIS, F.A., 1980: De bodem als groeiplaatsfactor voor stedelijk groen. Groen 36: 158-164.

Construction in Delta Areas of Netherlands and  
Consequences for the Municipal Green

The original cities in the densely populated delta areas of the Netherlands are as much as possible, situated on sandy and loamy ridges. Later extensions had to be built on soft peat and clayey soils. To improve these building sites raising with sand and drainage were necessary. This is done mainly to produce a basis firm and dry enough to build streets, parking places and houses. Mostly the sites are raised by piping some metres of sand.

However, these sandy areas are less suited for municipal green. These sands have a low fertility, little available water, and a high density caused by the piping method. These soils are loosened down to a depth of 1 - 1,5 m, enabling the capillary rise into the rooting zone. Mixing with organic matter and clayey material increases soil fertility and the amount of available water. An organic matter content of 3-5 % prevents later settlement and frost heaving of the roads.

**BODENKARTIERUNG FÜR SPORTANLAGEN IN BALLUNGSGBIETEN**  
**IN DEN NIEDERLANDEN**

von

G.J.W. WESTERVELD und H.J.M. ZEGERS<sup>+</sup>)

**Einleitung**

Von den etwa 60 000 ha städtischer Grünanlagen in den Niederlanden werden mehr als ein Drittel von Sportanlagen eingenommen und vorwiegend zum Fußballspielen genutzt (van Haastrecht, 1980). Diese Rasensportplätze werden von August bis Juni sehr intensiv genutzt. Das stellt sehr hohe Anforderungen an Bodenaufbau und Entwässerung, denen nur wenige Böden von Natur aus genügen.

Bei der Anlage von Rasensportplätzen wird in den Niederlanden der ursprüngliche Bodenaufbau soweit wie möglich beibehalten. Der Grund dafür ist, das vorhandene Bodengefüge so wenig wie möglich zu zerstören, so daß Nachsackung, Verdichtung u.s.w. vermieden oder verringert werden können.

Viele Ballungsgebiete liegen im Delta von Rhein und Maas. In diesen Poldergebieten findet man Moor-, Fluß- und Marschböden mit hohen Grundwasserständen und von zahlreichen Gräben gequert (u.a. Westerveld und van den Hurk, 1973). Die Böden in diesen Gebieten werden vielfach durch Auftragen von Sand für eine Bebauung hergerichtet (van Dam und Wopereis, in diesem Band). Aber, um auf dieser sterilen Sandschicht gute Rasensportplätze anlegen zu können, sind tief einschneidende Maßnahmen, wie das Auftragen eines guten Oberbodens notwendig. Auch beim Sportplatzbau auf ehemaligem Bau- und Industriegelände in älteren Stadtteilen ist eine Bodenverbesserung notwendig.

Zur Bestimmung der notwendigen kulturtechnischen Eingriffe beim Sportplatzbau stützt man sich in zunehmendem Maße auf eine vorangegangene detaillierte Bodenkartierung mit Gutachten (van Dam und Zegers, 1975). Diese Kartierungen werden u.a. im Auftrag und auf Kosten des Bauträgers vom Niederländischen Institut für Bodenkartierung durchgeführt. Neben dem Bodenaufbau werden hierbei auch die Bodeneignung, mögliche Einschränkungen und die erforderlichen Eingriffe angesprochen. Ferner sind im Gutachten Ratschläge

---

<sup>+</sup>) Niederländisches Institut für Bodenkartierung, P.O. Box 98,  
6700 AB Wageningen

hinsichtlich der Planung, Einteilung, Ausführung und Pflege der Felder enthalten (u.a. Zegers, 1980). Die Grundzüge und Bedeutung einer solchen Kartierung und die dadurch ermöglichten Kosteneinsparungen werden in diesem Beitrag kurz dargestellt und an einem Beispiel erläutert.

### Bodenkarte und Bodeneignung

Die wichtigste an einen Rasensportplatz zu stellende Anforderung ist eine gute Bespielbarkeit während der ganzen Sportsaison, also auch im Winter. Diese wird hauptsächlich von der Art und Zusammensetzung des Oberbodens bestimmt und weiter durch Eigenschaften des Untergrundes wie dem Grundwasserstand und der Wasserdurchlässigkeit. Die gewünschte Tragschicht wird meistens teilweise künstlich zusammengesetzt, z.B. indem man durch Besandung den ursprünglichen Oberboden im gewünschten Sinne verändert.

Bei einer Bodenkartierung für den Sportplatzbau werden speziell diejenigen Bodeneigenschaften berücksichtigt, die für Rasensportplätze von besonderer Bedeutung sind wie: Art und Mächtigkeit des Oberbodens, Höhe und Schwankung des Grundwassers, Art und Tiefe abweichender Profilschichten und Wasserdurchlässigkeit. Die Ergebnisse werden auf einer Bodenkarte als Bodentypen und Grundwasserklassen dargestellt (s. Abb. 1). Die Bewertung der Bodeneignung stützt sich auf diese Karte und auf die im In- und Ausland gemachten Erfahrungen und Untersuchungen.















Die Bodeneignung für Rasensportplätze wird in drei Hauptklassen angegeben: gut geeignete Böden, mäßig geeignete Böden, wenig geeignete Böden. Die wichtigsten Einschränkungen beziehen sich auf: Entwässerung, Nutzwasserkapazität, Tragfähigkeit und Infiltrationsrate. Die Einschränkungen werden maßgeblich von Bodeneigenschaften bestimmt, z.B. die Entwässerung durch Höhe und Schwankung des Grundwassers, die Tragfähigkeit durch Art und Wassergehalt des Oberbodens. Der Grad der Einschränkung wird mit schwach, mäßig oder stark ausgedrückt.

Einteilung und Zuordnung zu Eignungsklassen hängen von Grad und Zahl der Einschränkungen ab: je größer die Zahl desto schlechter die Einstufung. Die Bodeneignung wird in einer Karte (s. Abb. 2) dargestellt aber auch in Tabellenform (s. Tab. 1) angegeben.

Aus den angegebenen Daten werden im Gutachten Empfehlungen und Richtlinien abgeleitet. Diese beziehen sich u.a. auf Bodenbearbeitung und Planierung, Auffüllen der Gräben, Bewässerung, Entwässerung und Drainage, Besandung und Düngung, Ausgleich von Senkungen, Pflege, besondere Maßnahmen.

Karten und Gutachten werden nach Vorberatung mit dem Auftraggeber zusammengestellt.

Tab. 1 Bodeneignung und Einschränkungen für Rasensportfelder

Bodeneignungs- (sub)klassen (Abb. 2)		Art und Ernst der Einschränkungen				Boden- einheiten (Abb. 1)
		Ent- wässerung	Nutz- wasser- kapazität	Trag- fähigkeit	Infil- trations- rate	
Gut geeignete Böden	G1 	●	—	—	—	 E-1
	G2 	●	●	—	—	 sG-1
	G3 	● ●	●	—	—	 sG-2
Mässig geeignete Böden	M1 	● ●	—	●	—	 IG-2
	M2 	● ● ●	—	●	●	 IG-3
Wenig geeignete Böden	W1 	● ● ●	—	● ●	● ●	 T-2 T-3
	W2 	● ● ●	—	● ● ●	● ●	 M-3

Gradationen: ● schwache ● ● mässige ● ● ● starke

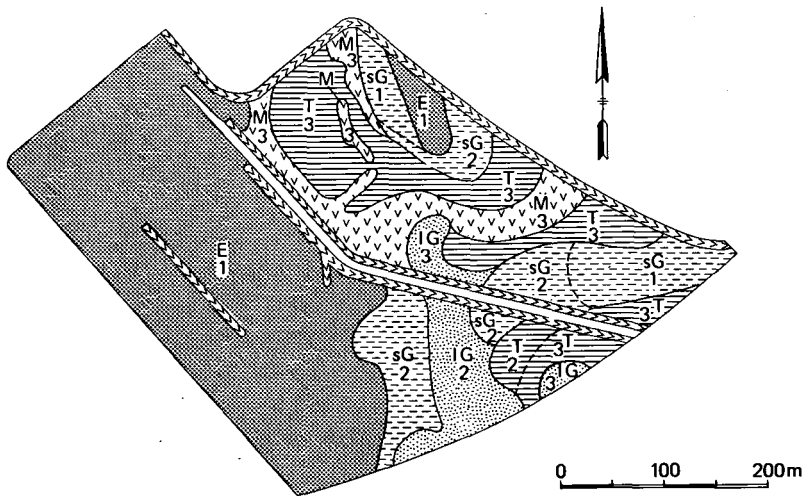
Bodenkartierung für Sportparkbau

In diesem Kapitel wird eine detaillierte Bodenkartierung zur Neuanlage eines Sportparkes von ca. 15 ha als Beispiel behandelt (Kleijer, 1975). Die Böden wurden vorher durch die Landwirtschaft genutzt.

Der erste Einrichtungsplan (s. Abb. 2a) wurde vor der bodenkundlichen Aufnahme gemacht und basierte hauptsächlich auf sporttechnisch und kapazitätsbedingten Anforderungen. Bodenkartierung und Beratung hatten hauptsächlich den Zweck, die gegenseitige Lage der Rasenplätze und die Methode ihrer Anlage sowie die einer Eisbahn soweit wie möglich dem Bodenaufbau anzupassen. Die übrigen Anlagen und Einrichtungen (u.a. Tennenflächen, Gebäude und Parkplätze) sind, was ihre Lage angeht, viel weniger vom Bodenaufbau abhängig.

Bei der Bodenkartierung wurden 7 bis 9 Bohrungen pro ha 1,20 m tief und 3 Bohrungen 2,20 m tief durchgeführt. Die Ergebnisse sind auf einer Bodenkarte im Maßstab 1:500 wiedergegeben (s. Abb. 1). Die Karte zeigt, daß 40 bis 50 Prozent des Gebietes von sandigen Plaggeneschen (E-1) eingenommen werden. Diese Eschböden haben einen 50 bis 80 cm mächtigen, humosen Oberboden, einen mittleren Wintergrundwasserstand von 40 bis 80 cm unter Flur und sind gut geeignet für den Bau von Rasensportplätzen (s. Tab. 1).

Die übrigen Böden bestehen teilweise aus Ton- (T-2, T-3) und Moor- (M-3) Ablagerungen mit Wintergrundwasserständen überwiegend innerhalb 20 cm unter



**Erklärung (kurzgefasst)**  
**Bodentypen**  
**Sandböden**

- E** Plaggenesche (Plaggepts)
- sG** Sandige Gleye (Sandy Humaquepts)
- IG** Lehmige Gleye (Loamy Humaquepts)
- T** Tonböden (Clayey Humaquepts)
- M** Moorböden (Medihemists)
- Bach mit Deich**

**Grundwasserklassen**  
**Mittlerer Stand in cm unter Flur**

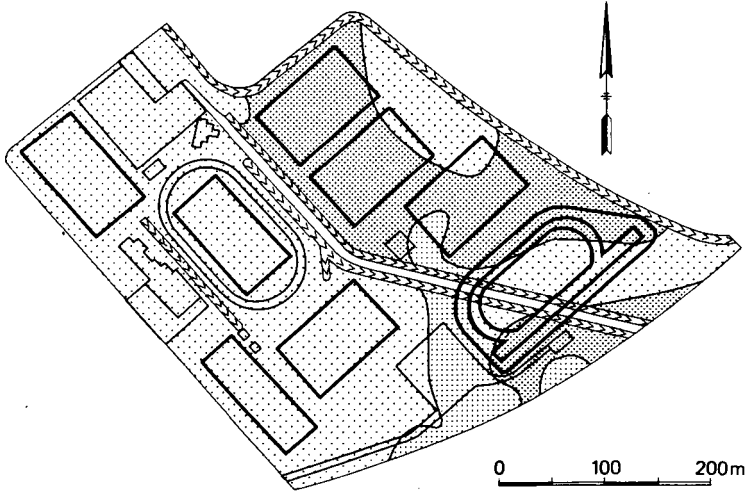
	Winter	Sommer
<b>1</b>	40 - 80	160 - 200
<b>2</b>	20 - 40	120 - 160
<b>3</b>	< 20	80 - 120

Abb. 1 Bodenkarte

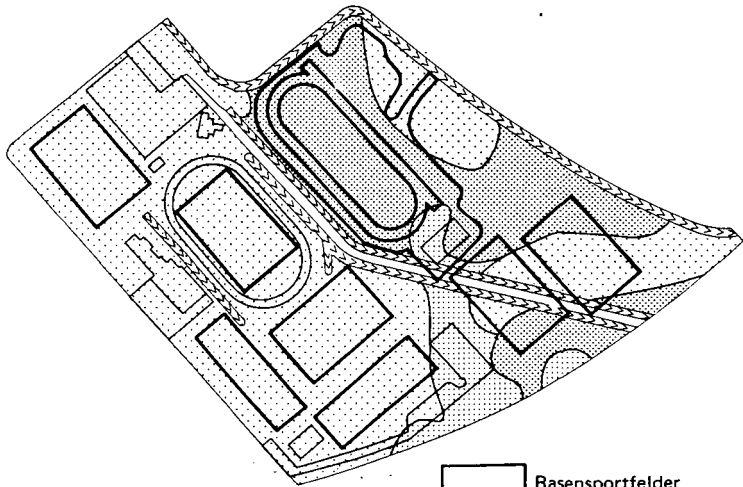
Flur. Sie sind wenig geeignet für Sportfelder (s. Tab. 1). Zwischen diesen Ton- und Moorböden liegen auf etwas höheren Rücken sandige (sG-1, sG-2) und lehmige (IG-2, IG-3) Gleye mit wechselnden Grundwasserklassen. Diese Gleys sind gut bis mäßig für Rasensportplätze geeignet.

Aus der Bodenkarte wurde eine Bodeneignungskarte für den Rasensportplatzbau mit drei Hauptklassen abgeleitet (s. Abb. 2). An Hand der Zahl und Wichtigkeit der Einschränkungen können diese Hauptklassen weiter unterteilt werden in Subklassen: G1, G2 u.s.w. Tabelle 1 zeigt für jede Bodeneinheit (= Bodentyp + Grundwasserklasse) die Eignungssubklasse sowie Art




2a: Einrichtungsplan vor der Bodenkartierung



2b: Geänderter Einrichtungsplan auf Grund der Bodenkartierung



**Erklärung  
Bodeneignung für Rasensportfelder**

-  Gut geeignete Böden
-  Mässig geeignete Böden
-  Wenig geeignete Böden





-  Rasensportfelder
-  Eisbahn
-  Übrige Anlagen  
und Einrichtungen
-  Bach mit Deich

Abb. 2 Bodenkartierung und Einrichtungsplan eines Sportparkes

und Grad der Einschränkungen. Im Gutachten sind die notwendigen kultur-technischen Eingriffe für die einzelnen Bodeneinheiten angegeben.

#### Bodeneignung und Einrichtungsplan

Wäre dieses Gebiet nicht bodenkundlich untersucht worden, dann wären drei Rasensportplätze auf den dafür wenig geeigneten Ton- und Moorböden angelegt worden und die Eisbahn auf den sandigen Gleyen. Diese sandigen Böden sind gut geeignet für Rasensportfelder aber wenig geeignet für den Bau einer Eisbahn u.a. wegen ihrer hohen Wasserdurchlässigkeit. Das geht deutlich aus Abbildung 2a hervor, in der der erste Entwurf des Sportparkes, der vor der bodenkundlichen Aufnahme gemacht wurde, über die Bodeneignungskarte gelegt ist.

Abbildung 2b zeigt, daß auf Grund der Bodeneignungskarte der Einrichtungsplan teilweise geändert wurde. Die Eisbahn ist auf die dafür gut geeigneten Ton- und Moorböden verlegt worden und zwei Rasensportplätze liegen nun größtenteils auf den dafür gut geeigneten Gleyen.

Diese Änderung des Planes bietet neben einer besseren Lösung auch eine erhebliche Kosteneinsparung, sowohl was die Bau- als was die Pflegekosten betrifft. Berechnungen haben gezeigt, daß die Baukosten von Rasensportplätzen auf Böden, die gut, mäßig bzw. wenig geeignet sind, sich verhalten wie 1 zu 1 1/2 zu 3. Dasselbe gilt für die jährlich anfallenden Pflegekosten. Auf Böden mit hohen Baukosten sind auch die Pflegekosten verhältnismäßig teuer.

Das gegebene Beispiel zeigt die Bedeutung der Bodenkartierung für die Planung und den Bau eines Sportparkes. Die Kosten dieser Bodenkartierung mit Gutachten betragen ca. 7 500,-- DM. Das sind nur einige Prozent der Baukosten. Sie machen sich reichlich bezahlt durch die Einsparungen beim Bau und bei der Pflege.

Vorangehende detaillierte Bodenkartierung mit sachverständiger Beratung ist beim Sportplatzbau eine Investition, die sich bestimmt lohnt!

#### Literatur

- DAM, J.G.C. van und H.J.M. ZEGERS, 1975: Bodenkartierung für Sportanlagen in den Niederlanden. Rasen, Internationale Zeitschrift für Forschung und Praxis: 73-76.
- HAASTRECHT, H.J.M. van, 1980: Bodenkundig onderzoek voor stedelijke groenvoorzieningen, mogelijkheden en beperkingen. Groen 36, 4: 165-169.
- HÄNSLER, G., 1977: Rasenspielfelder. Situation und Forderungen zu Planung, Bau und Unterhaltung. Neue Landschaft 9, 77: 507.



- KLEIJER, H., 1975: Sportpark "De Wildbaan" (Gem. Borculo). Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, rap. 1250, 22 p.
- WESTERVELD, G.J.W. and J.A. van den HURK, 1973: Applications of soil and interpretive maps to non-agricultural land use in the Netherlands. Geoderma 10, 1/2: 47-65.
- ZEGERS, H.J.M., 1980: Bodemgesteldheid, bodemgebruik en bodemgeschiedheid. Groen, 36, 4: 152-157.

Soil Mapping for Sport Grounds in Densely Populated  
Areas of the Netherlands

Most of the urban and industrial areas in the Netherlands are situated in the Delta of Rhine and Meuse. The soils consist mainly of clay and peat, with high groundwatertables and a low bearing capacity even at greater depth. To render these soils suitable for the construction of sportsgrounds, radical and costly cultural and technical measures are necessary.

Advice on planning, construction and maintenance of future sportsgrounds based on a detailed soil survey results often in remarkable savings in construction and maintenance. The cost of such a survey amounts only a few percent of the total investments. The importance of a soil survey is illustrated on the two lay-outs of a planned sportspark, one before and one after this survey.



ENTWICKLUNG UND ANWENDUNG VON KÜNSTLICHEN BÖDEN UND  
BODENVERBESSERUNGSMITTELEN IN BALLUNGSGBIETEN

von  
L. HARGITAI<sup>+</sup>)

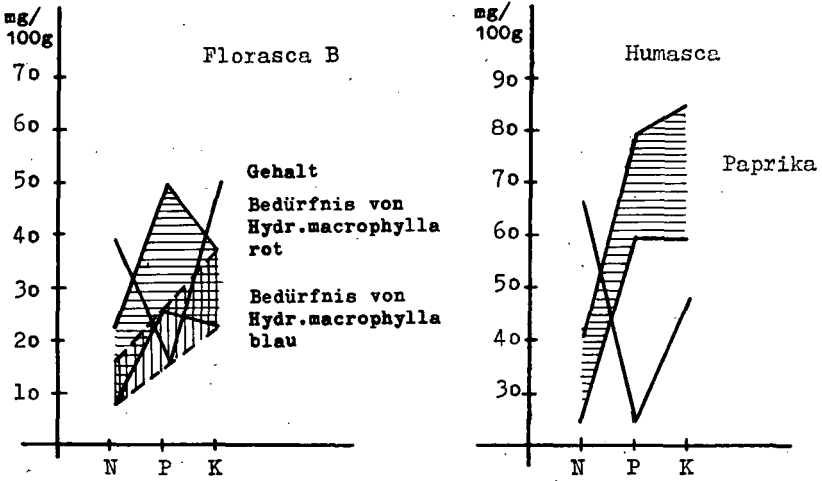
Besonders in Ballungsgebieten steigt die Belastung der Biosphäre ständig. Böden können zwar Belastungen weitgehend kompensieren, aber auch eine neue Emissionsquelle werden. Unter welchen Umständen dies geschehen wird, ist schwer abzuschätzen. Die Kompensationswirkung hängt aber in erster Linie vom Humuszustand der Böden ab und kann nach der Humusqualität beurteilt werden (Schnitzer u. Kahn, 1972). Böden in Ballungsgebieten werden durch verschiedene Chemikalien belastet, z.B. durch Schwermetalle, Schwefel usw. Die Erhöhung ihrer Belastbarkeit erfordert eine den Humuszustand verbessernde Humuswirtschaft durch Anwendung entweder von Bodenverbesserungsmitteln oder - in Spezialfällen - von künstlichen Böden.

Dafür haben wir Erdmischungen mit Torf hergestellt, die auf Grund einer guten Pufferkapazität (Fig. 1)/Adsorptions- und Chelatbildungs-Fähigkeit ausgewählt wurden. Wesentlich für die Auswahl war auch die Beurteilung der Stickstoff-Nachlieferung auf Grund einer sukzessiven Fraktionierung durch:

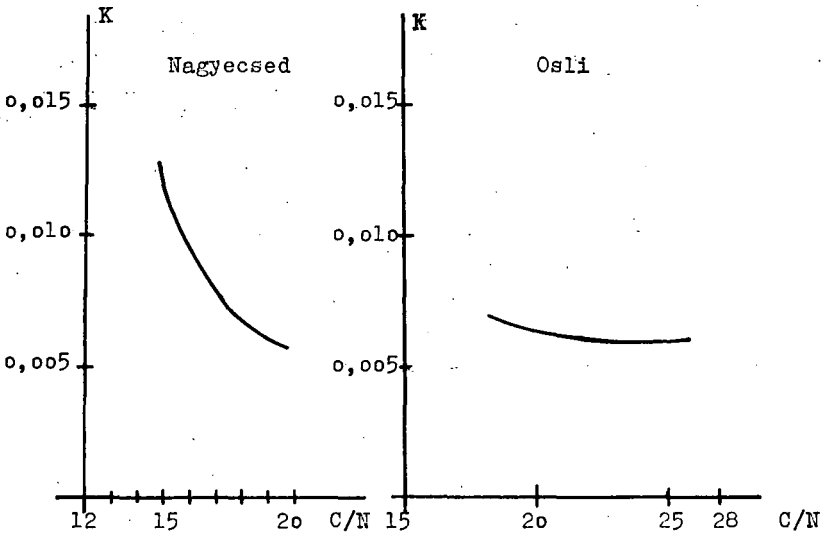
- 1-4: viermal Hydrolyse des Bodens mit  $0,5 \text{ n H}_2\text{SO}_4$  (1:5) bei Zimmertemperatur,
  5. Oxydation mit 3 %  $\text{H}_2\text{O}_2$  in  $0,5 \text{ n H}_2\text{SO}_4$  und Auswaschen der Oxydationsprodukte mit  $0,5 \text{ n H}_2\text{SO}_4$ ,
  6. Hydrolyse des originalen Bodens mit  $6 \text{ n HCl}$ ,
- wobei die Fraktionen 1-4 als leicht verfügbar, 5 als potentiell aufnehmbar, 6 als Reserve und 7 als nicht verfügbar für Pflanzen betrachtet werden (Hargitai, 1960).

Aus Figur 2 ist ersichtlich, daß Huminsäuren von Torf und Tschernosem sich kaum unterscheiden, der Torf aber neben höherem Total-Stickstoff-Gehalt höhere Anteile in der Fraktion 5 und als Reserve also eine günstigere N-Verteilung hat als der Tschernosem (Hargitai, 1972/1977). Besonders günstig ist die N-Verteilung im westungarischen Oslit-Torf, den wir seit

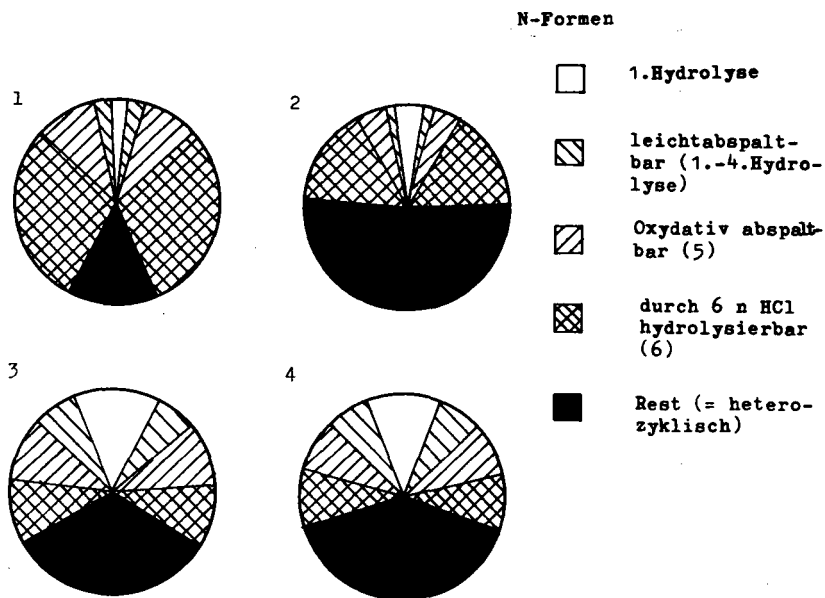
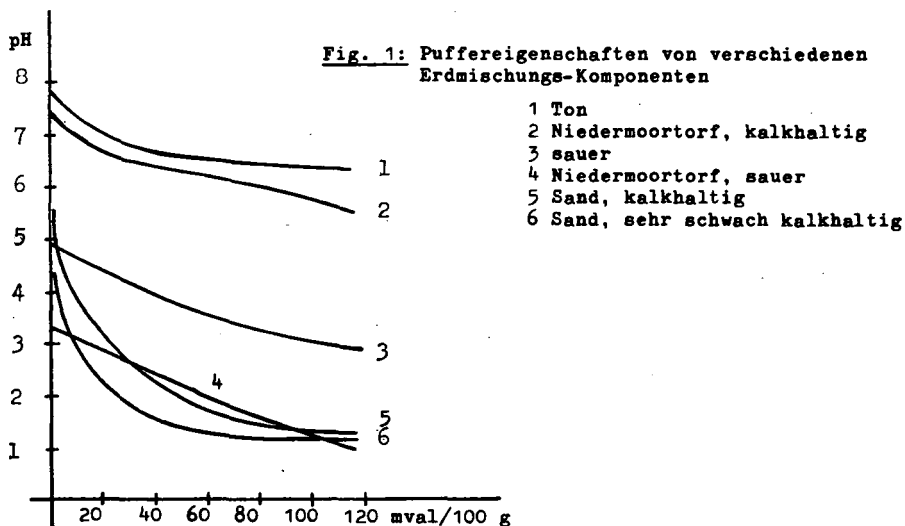
<sup>+</sup>) Lehrstuhl für Bodenkunde der Universität für Gartenbau, Budapest/Ungarn



**Fig. 3:** Nährstoffbedürfnis der Pflanzen (gestreifte Flächen) und Nährstoffgehalt in künstlichen Böden



**Fig. 4:** Zusammenhang zwischen K und C/N in verschiedenen Niedermoortorfen



**Fig. 2: Stickstoff-Formen in Tschernosem (1) bzw. saurem Niedermoortorf Osli (2) sowie in Huminsäuren aus ihnen (3 bzw. 4)**

1965 für die Herstellung künstlicher Böden in Sopron verwenden.

Zur Entwicklung des Verfahrens der Herstellung von künstlichen Böden gehört auch die Beurteilung des Nährstoff-Bedürfnisses auf Grund verschiedener Untersuchungen. Beispiele sind in Figur 3 dargestellt. Mit solchen graphischen Systemen werden die Nährstoff-Bedürfnisse der angebauten Pflanzen bei der Zusammenstellung der Komponenten von künstlichen Böden berücksichtigt.

Auf Grund dieser Kriterien haben wir Boden-Verbesserungsmittel (z.B. Humasca für Grünflächen) und künstliche Böden (z.B. Florasca für Zierpflanzen) hergestellt. Sie haben eine hohe Sorptionsfähigkeit und Pufferkapazität sowie hohe N-Gehalte und eine günstige N-Verteilung, sind also für die Erhöhung der Belastbarkeit von Böden und die Verbesserung der Ernährung der Pflanzen gleichermaßen vorteilhaft. Beide Ziele zu erreichen, ist nicht ganz einfach. Daher charakterisieren wir (HARGITAI, 1960) die Böden entsprechend der Extinktion (E) ihrer 1% NaF- und 0,5 % NaOH-Extrakte, ihren Humus- bzw. C- und ebenso N-Gehalten nach ihrem Humusstabilitäts-Koeffizienten K und dem R-Wert, wobei

$$K = E_{\text{NaF}} : E_{\text{NaOH}} \cdot \text{Humus} \text{ und } R = K : C/N \text{ ist.}$$

Zwischen K und C/N besteht meist eine negative Korrelation (s. Fig. 4), so daß mit der Adsorptions-, Puffer- und Chelatbildungs-Kapazität sowie den N-Gehalten die R-Werte stark ansteigen.

#### Zusammenfassung

Zur Verbesserung der Sorptionsfähigkeit, Chelatbildung, Nährstoffspeicherung und Strukturstabilität von Standorten in Ballungsräumen haben wir Bodenverbesserungsmittel und künstliche Böden auf Torfbasis hergestellt. (Beispiel für erstere Phantasca, für letztere Florasca, intermediär Humasca). Infolge Berücksichtigung der Bedürfnisse der Pflanzen bei der Mischung von verschiedenen Komponenten hat sich der Einsatz dieser Produkte bewährt.

#### Literatur

- HARGITAI, L. (1960): Összehasonlító szervesanyag vizsgálatok különböző talajtipusokon optikai módszerekkel.  
Agrártudományi Egyetem Agronómiai Kar Kiadványa.  
Vol. 2. No. 10. Gödöllő-Budapest 1960. Mg.Kiadó
- HARGITAI, L. (1972): New ways and methods in the use of peat products in the Hungarian horticulture.  
The Proceedings of the 4-th International Peat Congr. Otaniemi Finland Jun. 25-30. 1972. Vol.3. p. 230-239.

HARGITAI, L. (1977): Mobilization of nitrogen and degree of humification in lowmoor peats.  
IPS International Peat Workshop, Braunschweig, 19-23. September 1977. Abstract of papers p. 12.

SCHNITZER, M., KHAN, S.U. (1972): Humic substances in the environment, Marcel Dekker Inc., New York.

Production and application of artificial soils and soil conditioners in urban areas

The resistance of soils in urban areas against environmental impacts on the injurious factors and on different soil properties. Most soils, however, need a management improving their humus state, which under natural conditions causes the resistance and the favourable compensating effects of soils. For judging of this resistance and the humus quality is important. According to our method (Hargitai, 1955) the humus quality can be characterized by

$$K = \frac{E_{\text{NaF}}}{E_{\text{NaOH}} \cdot H}$$

where E = extinction of extracts with 1 % NaF  
or 0,5 % NaOH

H = humus content

Since the nitrogen content is also important for adsorption, chelation and other compensating effects, we characterized the quality by

$$R = \frac{K}{C/N}$$

and take these values as criteria for the resistance of the humus layer.

To improve the various compensating functions (sorption capacity, chelation, storage of nutrients, structural stability) we produced soil conditioners and artificial soils on the basis of peat. Plantasca is for the amelioration of turf, Humasca - an intermediate between soil conditioner and artificial soil - is for gardens and the artificial soils Florasca A, B and C are for ornamental plants. Results obtained hitherto show an outstanding resistance of these products in urban areas and their applicability in many cases.





IST EIN OLIGOTROPHER FEUCHTBIOTOP IN GROSSTADTNÄHE  
SCHUTZFÄHIG UND ERHALTENSWERT?

von  
R. EGGELSMANN<sup>+</sup>)

**Einleitung**

Am Südrand der Stadt Oldenburg liegt im Kreyenbrücker Moor unmittelbar am Verschiebepbahnhof der Bundesbahnstrecke Oldenburg-Cloppenburg zwischen Bahnhofsallee und Dwaschweg das "Wüschemeer". Die Kreisnaturschutzstelle beabsichtigt, dieses Gebiet gesetzlich zu schützen, denn durch die stetig näher heranrückende Bebauung (Straßenbau und Einfamilienhäuser) wird das "Wüschemeer" immer mehr eingeengt. Bodenkundlich-hydrologische und pflanzensoziologische Untersuchungen sollten klären, ob und unter welchen Bedingungen das "Wüschemeer" als Feuchtbiotop nachhaltig geschützt werden kann (Naturdenkmal, Landschafts- oder Naturschutz), im besonderen im Hinblick auf den örtlichen Bebauungsplan.

**Bodenverhältnisse**

Nach der "Bodenkundlichen Standortkarte von Niedersachsen 1:200.000" ist dieses Gebiet Hochmoor, örtlich von Niedermoor unterlagert; der Untergrund besteht aus glazifluviatilem und fluviatilem Sand. Eine bodenkundlich-hydrologische Geländeaufnahme erfolgte im November 1979. Es wurde je ein Geländeschnitt West-Ost und Nord-Süd erbohrt und vermessen.

Es wurde das Bodenprofil nach Torfart, Zersetzungsgrad (mittels Quetschmethode nach von Post) und den mineralischen Beimengungen gemäß Kartieranleitung angesprochen. Als Hauptkomponenten der torfbildenden Hochmoorarten ließen sich in den Torfen schwach bis stark zersetzte Sphagnen mit Resten von schwach zersetztem Wollgras (Eriophorumtorf) und Beisentorf (Scheuchzeria palustris) nachweisen. Beigemischt waren Reste von Heidekraut (Calluna vulgaris). Die zum Teil darunterliegenden Niedermoorortorfe (an sieben Bohrpunkten) bestehen hauptsächlich aus stark zersetztem

---

<sup>+</sup>) Nieders. Landesamt für Bodenforschung -  
Bodentechnologisches Institut Bremen,  
Friedrich-Mißler-Str. 46-50, D-2800 Bremen 1

Schilftorf (*Phragmites communis*), Seggenradizellen; im nördlichen Bereich (Bohrpkt. 15) wurden auch Fiebertee-Samen (*Menyanthes trifoliata*) und teilweise stark zersetzter Erlenbruchwaldtorf (*Alnus glutinosa*) erbohrt.

#### Geländehöhen

Vergleicht man die im Nov. 1979 ermittelten Geländehöhen mit denen von 1968, so sind in diesem Zeitraum ca. 1-2 dm Moorsackungen im Randbereich des "Wüschemeeres" eingetreten. Für den Feuchtbiotop selbst liegen keine Vergleichshöhen vor.

Diese Höhenverluste sind hervorgerufen durch verstärkte Entwässerung im Randbereich (= Moorsackungen) und die bis auf weniger als 100 m heranreichende Bebauung mit Einfamilienhäusern, Straßenbau usw. Hinzu kommt der Torfverzehr durch die Mineralisation (Oxidation in der Krume) bei Grünland, vor allem in den niederschlagsarmen, trockenen Jahren zwischen 1969 und 1976. Greift man auf älteres Kartenmaterial, z.B. die Topograph. Karte 1:25.000 aus dem Jahre 1899 zurück, so erkennt man, daß das "Wüschemeer" damals wesentlich größere Ausmaße hatte. Höhenordinaten für das "Wüschemeer" sind nicht angegeben; die Mooroberfläche dürfte um einige Dezimeter höher gelegen haben. Zum Vergleich: Die Länge der offenen Wasserfläche in NO/SW-Richtung betrug um 1900 ca. 240 m - heute nur noch ca. 65 m. Ähnliches gilt für die Breite von damals - ca. 120 m zu 30 m zum jetzigen Zeitpunkt.

Es sollte hier angemerkt werden, daß um 1900 und in den ersten Jahrzehnten danach, das "Wüschemeer" noch eine offene Wasserfläche war (Moorauge, Moorweiher oder -kolk) mit allerdings wohl immer nur flachen Wassertiefen. Durch Abtorfung und Sackung bedingte Höhenverluste gibt es z.Zt. kaum noch eine offene Wasserfläche, sondern nur mehr ein mit hygrophiler Moorflora bewachsenes Feuchtbiotop.

#### Grund- und Stauwasser

Es müssen zwei voneinander unabhängige Wasserstände, einmal das größtenteils im Moorkörper auftretende Stauwasser und darunter das eigentliche Grundwasser im Sanduntergrund, unterschieden werden. Das Stauwasser im Moor (Staukörper sind hier die sehr stark zersetzten Torfe an der Moorbasis) tritt besonders während des Winters auf, es kann im Sommer durch die Verdunstung aufgezehrt werden. Das Grundwasser im Sanduntergrund konnte in den Erdbohrlöchern nur an vier Geländepunkten sicher eingemessen werden. Es liegt etwa in Höhe der Basistorfe und dürfte während der Wintermonate noch einige Dezimeter höher ansteigen.

Zwischen dem Stauwasser im Moor und dem Grundwasser im Sanduntergrund besteht nur eine sehr schwache bis keine Verbindung, da die stark bis sehr stark zersetzten Torfe an der Moorbasis nur "sehr gering" bis "äußerst gering" durchlässig sind, diese also wie ein Staukörper wirken.

Im Feuchtbiotop des "Wüschemeeres" liegt die Stauwasser-Oberfläche im Schwingrasen selbst, d.h.  $\pm$  0 cm unterhalb Sphagnumpolsteroberfläche. Im angrenzenden Randbereich schwanken die Stauwasserstände im Moorprofil zwischen 2 bis 4 dm unter Flur. Im Randbereich zu den Straßen- und Wegegräben hin sinken die Stauwasserstände bis auf 7 bis 16 dm unter Gelände ab.

#### Felddurchlässigkeit

Im Felde wurde nach der Bohrlochmethode gemäß DIN 19 682 (Blatt 8) die Felddurchlässigkeit gemessen. Die schwach bis mäßig zersetzten Hochmoortorfe sind im oberen 1 m Bereich "hoch" bis "mittel" durchlässig (20-80 cm/d), die darunterliegenden stark bis sehr stark zersetzten Hochmoor- und Niedermoortorfe sind "gering" bis "sehr gering" durchlässig.

An acht Bohrpunkten wurden an der Moorbasis sehr stark bis völlig zersetzte Torflagen gefunden, die einen sehr großen Durchflußwiderstand gegenüber dem Stauwasser ausüben und ein Abfließen des in den Boden eindringenden Niederschlages verhindern, zum anderen aber auch eine Grundwasserspeisung aus dem Sand in den Moorkörper unterbinden.

#### Wasserchemismus

Dem Hochmoorprofil wurden aus dem Fuchtbiotop, aus einem Hochmoor/Niedermoorprofil, sowie aus dem Sanduntergrund und aus einem Grabenprofil Wasserproben entnommen und im hiesigen Labor chemisch analysiert (Lt. Dr. B. Scheffer). Alle Wässer reagieren sauer bis stark sauer, besonders im Hochmoor. Die elektrische Leitfähigkeit zeigt an, daß das Wasser im Feuchtbiotop "Wüschemeer" sehr arm ist an Ionen im Gegensatz zum Grundwasser im Sanduntergrund. Die höchste elektr. Leitfähigkeit weist das Grabenwasser auf. Die Gehalte an Fe (gesamt) und P (ortho) sind analog unterschiedlich. Ein anthropogener Einfluß ist nicht auszuschließen.

#### Vegetation

Die fortgeschrittene Jahreszeit (Nov. 1979) erlaubte nur eine begrenzte vegetationskundliche Aufnahme, sie wurde durch Dr. J. Schwaar ausgeführt.

Im Feuchtbiotop findet man kleinräumig gleitende Übergänge (Zonationen) vom Niedermoor (im Zentrum) zum Hochmoor (Außenzonen). Im Zentrum siedeln in einer offenen Wasserfläche lockere Bestände des Breitblättrigen Rohrkolbens

(*Typha latifolia*), die der Phragmitetea (Röhrichte und Großseggenrieder) zuzuordnen sind und für eutrophe Gewässer über nährstoffreichem Grund typisch sind. Diese Zone konnte wegen des aufgeweichten Grundes nicht betreten werden. Dieses "Kerngebiet" wird von Pflanzengesellschaften abnehmender Hygrophilie und Eutrophie in <sup>†</sup> konzentrischen Kreisen ummantelt. In der sich "landwärts" anschließenden Zone findet sich ein Mischbestand von *Typha latifolia* und *Carex*-Arten mit einer Boden- bzw. Unterwasser-schicht von verschiedenen Moosen, überwiegend Sichelmoose (*Drepanocladus*), sporadisch *Sphagnum cuspodatum*. Ein Betreten - wenn auch mit Schwierigkeiten - war hier möglich.

Danach schließt sich ein Gürtel mit *Sphagnum angustifolium* (Cuspidata-Sektion) an; dieser Schwingrasen ist mit Seggen (*Carex*) durchsetzt. Abnehmender Nährstoffgehalt wird auch hier deutlich. Die Entwicklung zu einem Hochmoor hat begonnen.

In finnischen Hochmooren wird stellenweise das Lagg (mesotropher Randsumpf) der Hochmoore von *Sphagnum angustifolium* und verschiedenen Seggenarten aufgebaut. In Anlehnung daran könnte man hier - mit einiger Vorsicht - von einem "Pseudo-Lagg" sprechen.

Im Folgegebiet verschwinden die Seggen und werden durch *angustifolium*-Rasen ersetzt. Diese Zone des Schwingrasens gehört eindeutig zum Hochmoor. Auf dem *Sphagnum*-Rasen wächst bereits die Moosbeere (*Vaccinium oxycoccus*).

Die weitere Umgebung des "Wüschemeeres" ist verheidetes - nicht mehr wachsendes - Hochmoor mit *Calluna vulgaris*, *Erica tetralix* und *Vaccinium vitis-idaea*.

#### Moorhydrologie

Die Ergebnisse der Grundwasserbeobachtungen wie auch die der Durchlässigkeiten zeigen, daß das Wasserregime des ehemaligen "Wüschemeeres" bisher noch weitgehend selbständig ist. Der Wasserhaushalt des Feuchtbiotops wird durch die Niederschläge gespeist. Der - wenn auch geringe - Oberflächenabfluß während der Wintermonate in die Wege- und Straßengräben muß blockiert werden. Im Frühjahr und Sommer verbraucht die Evapotranspiration den im Winterhalbjahr gespeicherten Wasservorrat. Die Wasserbilanz  $N - V = S$  setzt sich wie folgt zusammen (in mm/a)

Jahr	N	V	S
Durchschnitt	700	700	0
trocken/warm	500	800	-300
naß/kalt	900	600	+300

Im normalen Wasserhaushaltsjahr (Nov.-Okt.) dürfte die Niederschlagshöhe der Verdunstungshöhe entsprechen, im trockenen warmen Jahr ist die Verdunstung beträchtlich höher als der Niederschlag, der Wasserspiegel kann um bis zu 30 cm absinken (extrem), im nassen kalten Jahr kann analog der Wasserspiegel im Feuchtbiotop um bis zu 30 cm steigen (maximal).

#### Schlußfolgerung

Die im Feuchtbiotop "Wüschemeer" noch vorhandenen gleitenden Übergänge und Zonierungen der rezenten Vegetation vom Nieder- zum Hochmoor sind aus naturwissenschaftlicher Sicht schützenswert.

Ein gesetzlicher Schutz ist nur sinnvoll, wenn er auf Dauer erfolgversprechend ist: dies erscheint beim "Wüschemeer" zweifelhaft, denn die bebauten Grundstücke wie auch die dicht benachbarten Verkehrswege (Bundesbahn, Straßen, Wege) stellen eine sehr ernste Bedrohung dar. Ein künftiger Schutz müßte nicht nur darin bestehen, den Feuchtbiotop hydrologisch zu schützen, sondern er muß auch gegen den Eintrag von Nährstoffen und Schadstoffen wirksam geschützt werden!

Ein Schutz dieses Feuchtbiotopes als Naturdenkmal oder einer kleinen Restfläche als Landschaftsschutzgebiet ist nicht sinnvoll.

Ein Naturschutz setzt folgende Bedingungen voraus:

- Ankauf der gesamten bisher nicht bebauten Grundfläche zwischen Bahnhofsallee und Dwaschweg durch die Stadtgemeinde.
- Keine weitere Bebauung; statt dessen sichere Umzäunung, damit auch ein unerlaubter Eintrag von Fremdstoffen (Erdaushub, Gartenabfälle, Müll u. a.) künftig sicher unterbleibt.
- Die gesamte Fläche sollte unter gesetzlichen "Naturschutz" gestellt werden.
- Innerhalb der umzäunten Schutzfläche Aufbau eines Windschutzstreifens aus Büschen, Laub- und Nadelhölzern zum Schutz gegen Staub- und Düngereintrag; die Breite des Windschutzstreifens sollte 10 bis 12 m betragen, leeseitig abgestufte Bepflanzung.
- Hydrologische Sicherung des Schutzgebietes durch Abdämmen aller vorhandenen Gräben und Grüppen, damit einerseits kein nährstoffarmes Moorwasser aus dem Gebiet abfließen kann, andererseits kein mit Nährstoffen angereichertes Grabenwasser in das Schutzgebiet gelangt.
- Fernhalten aller Touristen und Haustiere (Hunde, Geflügel u.a.); es wird ergänzend vorgeschlagen, den geplanten Spiel- und Bolzplatz auf der Westseite des Dwaschweges einzurichten.

- Laufende Unterhaltung des künftigen Schutzgebietes; es müßten in erster Linie die im Feuchtbiotop schon jetzt abgelagerten Gartenabfälle, Müll (Blechdosen, Papier, Plastikflaschen u. dgl.) entfernt werden.

#### Literatur

- Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen - Teil A  
Bodenkd. Standortkarte 1:200.000 Herausgeber Nieders. Landes-  
amt für Bodenforschung. Blatt Oldenburg (Bearb. J.-H. BENZLER,  
E. HACKER & R. LÜDERS, Hannover 1977).
- Kartieranleitung: Herausg. Bundesanstalt für Bodenforschung und Geol.  
Landesämter der Bundesrepublik Deutschland, 2. Aufl., Hannover  
1971.
- EGGELSMANN, R.: Bodenkundlich-hydrologische Feldmethoden und deren Aus-  
sagewert für Wasserwirtschaft, Bodenkultur und Landschafts-  
pflege; Geologisches Jahrbuch F 4, S. 51-78, Hannover 1977.
- EGGELSMANN, R.: Zur Erhaltung von Naturschutzgebieten im Moor aus hydro-  
logischer Sicht. In: Moor und Torf in Wissenschaft und Wirt-  
schaft, S. 105-111, Bad Zwischenahn 1975.
- EGGELSMANN, R.: Bodenhydrologie und Moorschutz. Mitteilg. Dt. Bodenkdl.  
Gesellschaft, 25/II: S. 705-708, Göttingen 1977.
- EGGELSMANN, R.: Ökohydrologische Aspekte zur Erhaltung von Moorgewässern.  
Telma, 10. S. 173-196, Hannover 1980.
- SCHNEEKLOTH, H. und J. TÜXEN: Die Moore in Niedersachsen, 4. Teil,  
Veröffentlichungen des Nds. Instituts f. Landeskunde und  
Landesentwicklung an der Universität Göttingen, 1975.

#### Is an Oligotrophic Moist-Biotop within a Large City able to be Protected

The moist-biotop "Wueschemeer" near Oldenburg and its environment have been explored pedologically, hydrologically and ecologically. The pond is a former high bog pond, surrounded by dwelling-houses, a shunting station and a main road. The moist-biotop must not only be protected hydrologically, but also against immissions of fertilizers and other injurious substances.

BODENKARTIERUNG - EIN ERFORDERNIS FÜR DIE STADT- UND GRÜNPLANUNG

In Verdichtungsräumen werden Böden besonders vielfältig genutzt und erfüllen zudem meist mehrere Funktionen gleichzeitig (die Gartenböden z.B. Freizeit-, Produktions- und Filterfunktionen) was auf diesen Restflächen wegen eines hohen Versiegelungsgrades der Landschaft besonders bedeutsam ist. Eine vorausschauende Planung erfordert daher gerade in Ballungsräumen eine genaue Kenntnis der Bodenverhältnisse, die letztlich nur eine detaillierte Bodenkarte liefern kann. Tatsächlich wurden aber, abgesehen von Baugrunderkundungen, bisher kaum Bodenkarten städtischer Bereiche erstellt, häufig diese Flächen auf kleinermaßstäbigen Karten bis in jüngste Zeit ausgespart. Hier tut ein Umdenken vor allem bei den Planungsträgern und damit Auftraggebern dringend not.

Diese Bodenkartierung kann und sollte in gleicher Weise erfolgen wie in offenen Landschaften. Allerdings muß häufig die arbeitssparende Bohrstockerkundung durch ein Beschreiben von Schürfgruben ersetzt werden, da (infolge unzureichender Leitungspläne) Ver- und Entsorgungsleitungen beschädigt werden können und im Falle von Stromleitungen der Kartierer sich selbst gefährdet. Oft verhindern auch hohe Steingehalte, z.B. in Form von Bauschutt, die Erkundung mittels Bohrstock. Andererseits läßt sich die Anzahl tiefer Schürfe verringern, wenn Baugrunderkundungen vorliegen und deren Ergebnisse mit ausgewertet werden können.

Stadtspezifische Substrate bzw. Bodenentwicklungen erfordern bisweilen veränderte Diagnosetechniken: z.B. läßt sich bei FeS-geschwärzten Bodenlagen auf und neben Mülldeponien nicht bzw. erst nach ausreichender Belüftung einer Probe aus der Bodenfarbe auf den Humusgehalt schließen. Spezifische Messungen können dabei die Kartierung erleichtern, besonders, wenn Umweltschäden zu erfassen sind, z.B. pH-Messungen, um Pufferwirkung gegenüber Schadstoffen zu prognostizieren, EC-Messungen, um Salze in Straßenrandböden oder in Flächen starker Abwasserverrieselung zu diagnostizieren, Redoxmessungen, um sicher zwischen (infolge Grundwassersenkung) reliktscher und rezenter Hydromorphie zu unterscheiden, oder Methanmessungen auf und neben Deponien.

Für die Bezeichnung der Böden reicht grundsätzlich die herkömmliche Bodensystematik aus. Frische Aufschüttungen wären als solche zu kartieren, solche mit Lebensspuren hingegen bereits als Lockersyroseme. Auch Böden

vieler Aufschüttungen künstlicher Substrate (z.B. Bauschutt), die als vom Menschen geschaffenes Gestein aufzufassen wären, lassen sich entsprechend klassifizieren, während andere Substrate die Bodenentwicklung so verändern (z.B. Müll durch Methanfreisetzung), daß eine dem gerecht werdende Systematik erst noch geschaffen werden muß. Versiegelte Böden sollten auf großmaßstäbigen Karten besonders ausgewiesen, auf kleinmaßstäbigen ihr Flächenanteil an der Bodengesellschaft genannt werden.

Bodenkarten läßt sich die Eignung von Flächen für die Anlage städtischen Grüns, von Friedhöfen, Gärtnereien und Schrebergärten, sowie von Entsorgungseinrichtungen entnehmen, so daß ein weiterer Landverbrauch für Wohnen, Industrie, Gewerbe und Verkehr auf funktionell weniger wichtige Flächen gelenkt werden kann.

Im einzelnen ermöglicht die genaue Kenntnis der Bodenverhältnisse den Gartenbauämtern eine standortgemäße Wahl der Nutz- und Zierpflanzen. Dann können innerstädtische Parkanlagen so entwickelt werden, daß sie ästhetischen Ansprüchen gerecht werden und Erholung bieten, daß stadtklimatisch und lufthygienisch günstige Wirkungen voll zur Geltung kommen und daß ggfls. auch das Grundwasser durch gefiltertes Regenwasser erneuert wird. Die Intensität der Freizeitnutzung von Parkanlagen kann dann so gesteuert werden, daß gefügelabile Böden erosions- und rutschungsgefährdeter Hänge wenig frequentiert werden, so daß lockernde Bodentiere einer Trittvverdichtung noch wirksam entgegentreten können. Flächen intensiver Freizeitaktivitäten, z.B. Spielwiesen, lassen sich dort anlegen, wo die Bodenverhältnisse die Anlage eines strapazierfähigen, pflegeleichten Rasens mit möglichst geringem Bewässerungsaufwand in Trockenperioden und Entwässerungsaufwand in Regenperioden zulassen.

Bodenkarten ermöglichen in Kombination mit Klimakarten auch eine Kalkulation der Grundwassererneuerung durch Regenwasserversickerung. Gleichzeitig läßt sich das Filtervermögen für Schadstoffe ableiten und damit das Risiko einer Grundwasserkontamination insbesondere in Wasserschutzgebieten. Auch ist Bodenkarten zu entnehmen, ob z.B. mit einer Baumaßnahme verbundene Grundwasserabsenkungen verbundene Dürreschäden an der Vegetation erwarten lassen. Gleichzeitig erleichtern sie die Flächenwahl für eine künstliche Grundwasseranreicherung.

Auch sind den Bodenkarten Standorte zu entnehmen, die zu kalken sind, um durch pH-Erhöhung das Filtervermögen für Schadstoffe zu verbessern, den Lebensverbau zu stärken und damit die Erosionsgefahr zu vermindern, sowie Park- und Waldbäume vor toxischen Al- und Schwermetallkonzentrationen zu



schützen. Schließlich können Entsorgungseinrichtungen wie Abfalldeponien dort angelegt werden, wo die Gefahr einer Kontamination des Grundwassers nicht gegeben ist.

Benutzerfreundlich sind Bodenkarten, deren Legende nutzungsrelevante Aussagen direkt entnommen werden können. Ökologische Aussagen, z.B. das Wasser-, Luft- und Nährstoffangebot im Wurzelraum, lassen sich mittels Faustzahlen den kartierten Bodeneigenschaften ableiten. Für Aussagen über die Filterfunktion müssen entsprechende Faustzahlen noch konkretisiert werden.

### Soil Mapping - A Necessity for City and Green Planning

In high density areas soils are used in very different ways and in many cases must fulfill more than one function (e.g. garden soils for production, recreation, and as a filter). These functions are very important, because most of the soils are sealed by buildings, pavements etc. Therefore planners should really know the productivity of the non-sealed soils, but normally the opposite is the case: soils of high density areas are mostly mapped for foundation purposes only. In this respect the planners have to change their way of thinking.

Soil mapping in high density areas should be done similar to that in open areas. But in many cases normal soil pits must be described instead of auger profiles, because cables of pipelines could be damaged. Besides normal soil descriptions special measurements should be made, e.g. of the content of salts or of methane in the soil air near gas pipelines.

Soils of high density areas can be classified like soils of open areas: fresh deposits should be mapped as such, but deposits with some humus accumulation under the first vegetation can be classified as Regosols from debris for example. Soil maps should also present sealed areas.

Such soil maps can be used in many ways for green and city planning, if they are explained to the planners with some examples. Exact informations about soil conditions enable landscape or forest officials, and garden owners to choose suitable crops and ornamental plants (which is particularly important for planning on land-filled refuse dumps). The intensity of the use of parks for recreation can be regulated: slope soils with an unstable structure and a corresponding

risk of erosion and sliding could be used less frequently. Areas of intensive leisure time uses, e.g. play grounds, can be laid out at places, where the soil conditions are suitable for a resistant lawn, with little expenses for irrigation during dry periods or for drainage during rainy periods.

In connection with maps of the climatic conditions soil maps allow the calculation of the intensity of groundwater recharge. From soil maps areas can be selected, where an increase of pH by liming should improve the filter against toxic substances, the formation of biogenic aggregates should increase in order to minimize the danger of erosion and should protect the forest trees against toxic Al-concentrations. Purification plants like sanitary land fills can be laid out in areas, where a contamination of ground water as well as of adjacent ecosystems is highly improbable.

BODENKARTEN FÜR PLANUNGEN IN BALLUNGSGBIETEN  
NORDRHEIN-WESTFALENS

von  
H. DAHM-ARENS<sup>+</sup>)

Nordrhein-Westfalen ist innerhalb der Bundesrepublik das Land mit dem höchsten Ballungspotential. Umfangreiche Verdichtungsgebiete mit starker Bevölkerungskonzentration bestimmen das Bild des Landes. Ende 1975 hatte Nordrhein-Westfalen eine Wohnbevölkerung von 17 130 000 Personen bei einer Fläche von 34 000 km<sup>2</sup>. Die Bevölkerungsdichte von 502 Einwohnern je km<sup>2</sup> lag damit doppelt so hoch wie im Bundesdurchschnitt, der rund 250 Einwohner je km<sup>2</sup> aufweist. Dazu kommt, daß Nordrhein-Westfalen das größte industrielle Ballungsgebiet Europas ist, was u.a. auf die günstige großräumige Lage und die damit verbundene herausragende Standortgunst zurückzuführen ist. Das Land liegt im Schnittpunkt bedeutender europäischer Verkehrswege, durch die Nordrhein-Westfalen einerseits mit den Seehäfen des Rhein-Maas-Mündungsgebietes verbunden ist, andererseits mit Süddeutschland und Südeuropa. In der Ost-West-Richtung verlaufen die Verkehrswege am Nordrand der Mittelgebirge und führen aus den Verdichtungsräumen Nordfrankreichs und Belgiens kommend durch das Rhein-Ruhrgebiet in Richtung Hannover, Berlin und weiter nach Osteuropa. Es gibt ganze Landstriche, z.B. das Ruhrgebiet oder auch entlang der nordrh.-westfälischen Rheinschiene, in denen zwischen den einzelnen Ballungszentren der sog. Grüngürtel, bzw. die Ländliche Zone fehlt.

Aus dieser Situation erwachsen für die gesamte Planung, für die Raumordnung und Siedlung ungeheure Aufgaben, die nur auf breitangelegter, überregionaler Ebene zu lösen sein werden. Zur Koordinierung der Raumordnung und der Landesplanung sowie zur Harmonisierung der raumwirksamen Fachplanungen sind seit 1974 auf Landesebene eine Reihe von spezifischen Gesetzen erlassen worden. Das Gesetz zur Sicherung des Naturhaushaltes und zur Entwicklung der Landschaft, kurz das Landschaftsgesetz, von 1975: es wurde 1980 novelliert, und das Landesplanungsgesetz in der Neufassung von 1979 bilden zusammen mit dem Gesetz zur Landesentwicklung bzw. dem Landesentwicklungsprogramm von 1974 und dem Bundesraumordnungsprogramm von 1976 eine Kodifikation dieses Rechtsgebietes, die den Anforderungen an die normativen Grundlagen einer zeitgemäßen und effizienten Landesplanung entspricht. In

<sup>+</sup>) Dr. Hildegard Dahm-Arens, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, De-Greif-Strasse 195, 4150 Krefeld

zahlreichen Entschließungen zu diesen Gesetzen wird gefordert, das Geologische Landesamt bei planerischen Vorhaben auch in städtischen und industriellen Ballungen zu beteiligen.

Entsprechend der Fragestellung und der Größe des Behandlungsgebietes führt das Geologische Landesamt Bodenkartierungen verschiedener Maßstäbe bevorzugt in Ballungsgebieten durch. Aufgenommen werden die Böden nach Bodentyp und Bodenart, nach geologischem Substrat und nach ihren Wasser- verhältnissen. Die erfaßten Bodenmerkmale werden in Einheiten auf der Boden- karte nach einem kartiertechnisch modifizierten bodengenetischen System dargestellt. So ist es auf Grund einer umfassenden Bodeneinheiten-Symbolik möglich, alle wichtigen bodenkundlichen Informationen auf den Bodenkarten wiederzugeben. Das Symbolsystem ist meist viergliedrig und besteht aus Großbuchstaben für die Kennzeichnung des Bodentyps und Großzahlen für die Bodenartengruppe; im dritten Symbolglied werden durch eine Kleinzahl die Substrate nach Petrographie und Stratigraphie charakterisiert, während eine weitere Kleinzahl Auskunft über zu kennzeichnende Besonderheiten gibt, z.B. über die Entwicklungstiefe, die Basenverhältnisse, die Dränbedürftigkeit oder auch den Ausprägungsgrad einer für den jeweiligen Zweck wichtigen Bodeneigenschaft. Auf räumliche Disparitäten, z.B. auf Grundwasservorkommen, auf oberflächennahe Lagerstätten, auf die Bodenqualität und Nutzungseignung wird ebenfalls eingegangen.

Zunächst die Bodenkarte 1:50000, die in ihrer Gliederung und Farbgebung den für das ganze Land konzipierten Bodenkarten 1:50000 entspricht. Die Basis für dieses Kartenwerk lieferten die Bodenaufnahmen in den für die Planung relevanten Gebieten. Auch der Maßstab wurde von den Auftraggebern bestimmt, da sie von der in Nordrhein-Westfalen bestehenden Vorschrift ausgehen, wonach die Regionalplanung in 1:50000 durchzuführen ist. Die Bodenkarte umfaßt rund 500 km<sup>2</sup>. Sie ist daher für großräumige Planungen die gegebene Unterlage, vor allem für die Beurteilung der ökologischen Ausgangs- situation.

Für die Bodenkarte 1:25000 liegt eine ähnliche Konzipierung vor, nur wird infolge des größeren Maßstabes stärker auf Einzelheiten eingegangen. Allerdings muß vielfach der Stadtkern ausgespart werden, da durch die fast lückenlose Überbauung und somit Versiegelung der Böden eine annähernd vertretbare Ansprache nicht möglich ist. Dagegen gibt die Karte für die Ballungsrandzonen bei der Abwägung konkurrierender Ansprüche an den Boden eine objektive und geeignete Unterlage.

Im Verdichtungsraum Ruhrgebiet sind außerdem 70 Bodenkarten 1:25000 mit den für die Planung wichtigen Bodeneigenschaften erstellt und dem Auftraggeber als Manuskriptkarten übergeben worden. Darin sind die vom Boden und von den Wasserverhältnissen bedingten Baugrundverhältnisse angegeben, die Wasserverhältnisse selbst bis 2 m unter Flur, unterschieden nach Grundwasser und Staunässe, und die noch in landwirtschaftlicher Nutzung stehenden Böden der sog. Ländlichen Zone, wobei eine Gruppierung nach ihrer natürlichen Fruchtbarkeit und entspr. den Wertzahlen der Bodenschätzung vorgenommen worden ist. Im Überflutungsbereich der größeren Flüsse sind außerdem die Hochwasserbereiche ausgegrenzt worden.

Für viele Städte in den Ballungszentren ist eine Stadtrandkartierung i.M. 1:10000, z.T. 1:5000, durchgeführt worden, bei der die Bodenverhältnisse bis in 4 m unter Flur durch ein engmaschiges Bohrnetz untersucht worden sind. Aus diesen Bodenkarten sind Bodeneignungskarten und Baugrundplanungskarten entwickelt worden. Sie dienen über ihren Auftragszweck hinaus direkt als Grundlage für den Flächennutzungsplan, vor allem für die Behandlung flächenwirksamer Maßnahmen, z.B. für die Ausweisung von Wohn- und Industrieansiedlungen, von landwirtschaftlichen Vorranggebieten, für die Festlegung der Landschaftsschutzgebiete im Rahmen räumlich-funktionaler Aufgabenteilung.

Für die Bodenkarten als Unterlage der Landschaftsplanung werden i.a. große Maßstäbe gewünscht, da nach dem Landschaftsgesetz und dem Landesplanungsgesetz der Maßstab 1:10000 gefordert wird. Die großmaßstäbigen Bodenkarten werden für die Erstellung der Grundlagenkarten ausgewertet, aus denen wiederum die jeweiligen Pläne abgeleitet werden. Die Pläne sollen die Möglichkeiten für den Schutz, die Pflege und die Entwicklung der Landschaft darlegen und die notwendigen rechtlichen Festsetzungen treffen. Damit setzt sich die Landesplanung das Ziel, initiativ auf die Gestaltung des jeweiligen Raumes und die geordnete Bodennutzung Einfluß zu nehmen.

Außer mit diesen ganz gezielten Bodenkarten wird die Herstellung weiterer Planungskarten in Ballungsgebieten mit Kartierungen, Beratungen und dem umfangreichen Archivmaterial des Geologischen Landesamtes unterstützt. Z.B. werden für die Ausweisung und Nutzung von Naturparks - gegenwärtig verfügt Nordrhein-Westfalen über 14 Naturparke unterschiedlicher Größe - bodenkundliche Untersuchungen durchgeführt.

Planerische Gesichtspunkte stehen auch im Vordergrund bei der Herstellung von Geopotentialkarten, wobei Vorkommen und Grenzen der natürlichen Ressourcen - Rohstoffe, Grundwässer und Böden - in einer Karte dargestellt werden. Infolge der Standortgebundenheit der einzelnen Potentiale lassen

sich mit Hilfe dieser Karten die gesamtwirtschaftlichen Erfordernisse eines Raumes gegeneinander abwägen und es lassen sich Prioritäten setzen.

Für die Aufstellung der wasserwirtschaftlichen Rahmenpläne, die vor allem für die vorsorgliche Sicherung künftig zu nutzender Grundwasservorkommen herangezogen werden, sind Bodenkarten eines ganzen Flußsystems mit seinem Vorflutgebiet in Arbeit. Unter raumordnungspolitischem Aspekt gewinnt die Tendenz zum Ausbau überregionaler Trinkwasserfernversorgungen an Bedeutung. Mit dem Ferntransport von Trinkwasser werden Standortpotentiale großräumig verlagert, die in der Importregion wirtschaftliche Impulse und Konzentration von Wohn- und Arbeitsstätten verstärken, z.B. auch über die Staatsgrenzen hinaus, in den Niederlanden, während sie in der Exportregion Auflagen und Entwicklungsbeschränkungen für Landwirtschaft und Industrieansiedlung hinterlassen oder zu Grundwasserabsenkungen und Störungen des ökologischen Gleichgewichts führen. Nur an Hand eines flächendeckenden Überblicks ist es möglich, eine Gewichtung der einzelnen Parameter vorzunehmen.

#### Literatur

KENNEWEG, W. & AERSSSEN, v. J. (1977): Planungsrecht Nordrhein-Westfalen. Kommunale Schriften für Nordrhein-Westfalen, 40, 242 S., Köln (Deutscher Gemeindeverlag GmbH).

Das neue Landesplanungsgesetz (1980). - Schriftenreihe des Ministers für Landes- und Stadtentwicklung des Landes Nordrhein-Westfalen, 1, 47 S., Düsseldorf.

Grundwasservorkommen in der Bundesrepublik Deutschland (1980). - Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauen und Städtebau, 06.043, 67 S., Bonn-Bad Godesberg.

#### Soil Maps for Plannings in Densely Populated Areas of Northrhine - Westphalia

The Geological Survey Northrhine - Westphalia is used to publish soil maps for planning in Northrhine - Westphalia. Since 1974, laws (Landschaftsgesetz, Landesplanungsgesetz, Gesetz zur Landesentwicklung, Bundesraumordnungsgesetz, Bundesbaugesetz) have been enacted which prescribe the cooperation of the Geological Survey in plannings in urban and industrial concentration areas; soil mapping in different scales is therefore one of the preferred activities, genetical soil type, soil texture species, geological substratum and water supply figure in different colours. Disparities as for instance groundwater, near surface mineral deposits, soil quality, utility qualification figure as well. By this, the maps are a base for the plannings in order to assume the best realization of the planned structure. The demands on nature and landscape respectively of the concentration areas may be equilibrated to a rational equilibrium by use of these maps. Examples of different concentration areas in Northrhine - Westphalia are presented.

DIE BEDEUTUNG DER BODENKARTE FÜR PLANERISCHE ARBEITEN IN  
KOMMUNALEN ZENTREN DER BALLUNGSGEBIETE, DARGESTELLT AN  
DER BODENÜBERSICHTSKARTE DER STADT FRANKFURT AM MAIN

von  
W. FICKEL<sup>+</sup>)

Die Bodenübersichtskarte der Stadt Frankfurt am Main gibt in sehr differenzierter Form die vielgestaltigen Bodenbildungen im nicht überbauten Stadtgebiet wieder. Besondere Berücksichtigung fanden die Nutzungsmöglichkeiten der einzelnen Flächen, die zusammen mit Hinweisen zur ökologischen Zuordnung der Bodengesellschaften, Bodenartenschichten und Ausgangsgesteinen der Bodenbildung, sowie Gründigkeit, Relief, Bodengüte-Bewertung, Wasserhaushalt und Meliorationsmöglichkeiten in der Randlegende aufgeführt sind. Es wird dem Nutzer eine Fülle von Daten und Informationen in gestraffter, tabellarischer Form geboten, die vor allem für Fachplanerkreise wirkungsvolle Entscheidungshilfen wie z.B. bei Fragen des Umweltschutzes und bei der Fertigung von Bauleitplänen darstellen können. Diese Karte mit ihrer erweiterten praxisorientierten Legende ist daher eine wichtige Unterlage für den Flächennutzungsplan der Stadt Frankfurt am Main.

Sie ermöglicht bei einer planungsrelevanten Interpretation und Auswertung nachfolgende Gliederung von Aussagen:

1. Über die Abgrenzung, Beschreibung und Bewertung von Landschaftseinheiten, Interpretation für potentielle Vegetation und reale Vegetation, Wasserverhältnisse, Belastbarkeit, Nutzungseignung,
2. über den Planungsteil "Siedlung und Verkehr": Interpretation für weitere Siedlungsentwicklung, Auswahl von Standorten für Freizeitwohnungen, Campingplätze und Verkehrsplanungen,
3. über den Planungsteil "Grün- und Erholungsflächen": Bodenbewertung für die geplante Bundesgartenschau und Neuanlage des Zoo. Die Legendenangaben beeinflussen die Auswahl von Friedhofs-Standorten, ferner landschaftsplanerische Pflanzmaßnahmen mit Gehölzartenauswahl, Pflanzenmaßnahmen zum Schutz von Böden, die durch Wasser- und Winderosion gefährdet sind usw.,

<sup>+</sup>) Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

4. über den Planungsteil "Landwirtschaft" durch Sicherung von Böden mit hoher natürlicher Fruchtbarkeit gegenüber anderen Nutzungsansprüchen, Ausgliederung von Grenzertragsstandorten mit alternativer Folgenutzung aufgrund der Standortverhältnisse,
5. über den Planungsteil "Forstwirtschaft" (für Frankfurt am Main-Süd ein besonders heikles Kapitel durch die Grundwasser-Absenkung in den letzten beiden Jahrzehnten), hierbei Auswahl und Beurteilung von Baumarten und inwieweit eine standortgerechte Situation vorliegt, sowie Auswahl von Feuchtflächen, die waldfrei zu halten und als Feuchtbiootope oder als Naturschutzgebiete auszuweisen sind. Eine Abgrenzung von schutzwürdigen Flächen ist somit vielerorts durch die Bodenübersichtskarte ermöglicht worden,
6. über Hinweise zum Aufbau oberflächennaher Lagerstätten und in der Folge dazu, die Nachverwendung als Standort geplanter Mülldeponien oder Offenlassung als Waldsee. Hiervon sind vor allem die Flächen im S Blattgebiet betroffen, wo viel Kies und Sand abgebaut wurde und noch wird,
7. über Hinweise für die "Wasserwirtschaft", die in Ballungsgebieten, wie im Raum Frankfurt am Main, vor großen Aufgaben steht. So ist ohne genaue Kenntnis vom Bodenaufbau keine Aussage über die ungefähre Grundwassererneuerung möglich.

Etwas schwieriger gestaltet sich die Auswertung der Bodenkarte für bautechnische Maßnahmen, da kein engräumiges Netz von Tiefbohrungen und keine bodenmechanischen Kennziffern vorliegen. Trotzdem kann ein bautechnisches Planungsbüro eine Reihe von Angaben der Auswertungslegende durchaus verwenden. Die Bodenkarte kann hier als Hilfsmittel der Ingenieurgeologie dienen, z.B. durch Angaben über Flachgründigkeit und Schuttbedeckung. Eine exakte Gründungsberatung für Bauwerke muß speziellen bodenmechanischen Untersuchungen vorbehalten bleiben. Allerdings zeigen z.B. Pseudogleye in der Karte Flächen an, wo wegen des zeitweise auftretenden Stauwassers die Keller von Bauwerken besonders gut gegen Nässe zu isolieren sind. Gleye machen häufig Wannenkonstruktionen erforderlich.

In den Niederungen sind in der Karte einige Moorflächen aufgeführt. Es sind zwar jetzt keine eigentlichen Moore mehr, sondern Torfe, die von Hochflutlehm unterschiedlicher Mächtigkeit überdeckt sind. Für Bauvorhaben ist dieses organische Material restlos auszukoffern und evtl. zu ersetzen. Die genaue Kenntnis solcher Flächen war wichtig für Planungsarbeiten der Deutschen Bundesbahn, die diese Situation für die Neutrassierung ihrer S-Bahn zu berücksichtigen hatte.



Zum Schluß ist darauf hinzuweisen, daß die politische Gewichtigkeit eines Projektes einen Zwangspunkt für die Planungsarbeiten darstellen kann. Die Bodenübersichtskarte mit ihrem hohen Aussagewert kann in solchen Fällen für die politischen Gremien und Fachplanerkreise eine wirkungsvolle Entscheidungshilfe darstellen.

Literatur

- BARGON, E., 1979: Bodenkt. Hessen 1:25 000, Bl. 5818 Frankfurt a.M. Ost; Wiesbaden.
- BARGON, E., 1975: Bodenkt. Hessen 1:25 000, Bl. 5817 Frankfurt a.M. West, Wiesbaden.
- FICKEL, W., 1980: Bodenkt. Hessen 1:25 000, Bl. 5717 Bad Homburg v. d. Höhe; Wiesbaden.
- PLASS, W., 1972: Bodenkt. Hessen 1:25 000, Bl. 5917 Kelsterbach; Wiesbaden.
- SEMMELE, A., 1970: Bodenkt. Hessen 1:25 000, Bl. 5916 Hochheim; Wiesbaden

The Importance of the Soil Map for Planning of Communal Centres  
in Densely Populated Areas Presented with Reference to the Soil  
Map of the City of Frankfurt on the Main

The versatile soil formations of non built areas is a very differentiated pattern. The utilization possibilities of individual areas in connection with the advices for ecological arrangement of soil societies, kinds of soil layers and parent materials of soil formation as well as rooting capacity relief, soil class valuation, water relationship and irrigation possibilities were given special attention, which can be seen in the key accompanying the map. Plenty of data and information are provided for the user in a condensed tabular form, which can help the planning authorities to make effective decisions by solving the problems of the environmental protection and for the completion of building guide plans. The map is therefore an important document for the future land utilization plans of the city of Frankfurt on the Main.



## Böden des Verdichtungsraumes Berlin

von  
H.-P. Blume<sup>+</sup>

Die Natur hat im Berliner Raum im wesentlichen drei Bodengruppen entstehen lassen: 1. auf den Moränenplatten des Teltow, des Barnim und Nauens lehmige Parabraunerden, 2. in Niederungen vor allem des Urstromtales Grundwasserböden, und zwar vorrangig sandige Gleye und Moore, 3. auf kuppigen Moränenrändern sowie Dünen des Urstromtales sandige Rostbraunerden. Die lehmigen Parabraunerden weisen ein beachtliches Wasser- und Nährstoffbindungsvermögen sowie mittlere bis hohe Nährstoffreserven auf. Sie wurden demzufolge seit dem frühen Mittelalter ackerbaulich genutzt, wurden aber später mit dem Zusammenwachsen ihrer Bauerdörfer zur Großstadt überwiegend in Baugrund umgewidmet. Die nassen und luftarmen Grundwasserböden weisen im Berliner Raum überwiegend nur mäßige Nährstoffreserven auf. Sie wurden früher im Umkreis der Fischerdörfer Berlin, Cölln, Lietzow (dem heutigen Charlottenburg) und Spandau vielfach als Grünland genutzt, sind heute aber ebenfalls nach beträchtlichen Aufschüttungen in starkem Maße überbaut. Die natürlichen Rostbraunerden besitzen nur einen geringmächtigen, humosen Oberboden, sind trocken und nährstoffarm.

Diese Ungunst der Standortverhältnisse, zu der sich vielfach noch hängige Lage gesellte, beließ sie der forstlichen Nutzung, der derzeit noch mit rund 7000 ha der Stadtbevölkerung als wichtiger Erholungswald zur Verfügung steht.

Im folgenden sollen nun die Veränderungen durch menschliche Nutzung näher erläutert werden, und zwar exemplarisch am Beispiel von acht näher untersuchten Böden (siehe Abb. 1 und 2, Tab. 1-3; weitere Beispiele s. BLUME, 1981).

Die Rostbraunerden sind unter Wald (im Beispiel unter Buche) heute durch schwefel- und salpetersaure Niederschläge extrem versauert: wies die forstliche Standortkartierung 1950 noch keine pH-Werte der Waldböden unter 4.5 aus, so dominieren heute Werte um 3.3 - 3.5 (BLUME, 1981 a). Die Säurekonzentration hat sich in 30 Jahren

---

<sup>+</sup> Institut für Ökologie der Techn. Universität Berlin  
Engler Allee 19-21, 1000 Berlin 33

also verzwanzigfacht, womit die Gefahr einer Al-Vergiftung der Bäume gewachsen ist.

In einem Park oder Kleingarten weist die Rostbraunerde nun vielfach durch tiefes Bearbeiten und organische Düngung einen tief humosen, lockeren Oberboden mit erhöhter nutzbarer Wasserkapazität auf (Abb. 1b bzw. Tab. 1). In manchen Fällen liegt bereits ein Hortisol vor. Unter Liege- und Spielwiesen ist der Oberboden allerdings häufig durch Tritt stark verdichtet, wodurch dann Pfützenbildung und Luftmangel nach Starkregen begünstigt werden. Parkböden haben zusammen mit den Kleingärten und Gärten lockerer Bebauung mit 55 % der Fläche eine große Verbreitung. Auf ihnen ruht im wesentlichen die Grundwassererneuerung nach Berechnungen von BRECHTEL (1980), nämlich zu 67 %. Die Waldböden sind hingegen nur mit 7 % beteiligt, weil ihre Fläche viel geringer ist und ein geschlossener Wald relativ viel Wasser verdunstet. Durch Düngung sind in der Regel auch die pH-Werte und Nährstoffgehalte erhöht.

Tiefgründig humos und besonders locker sind die Nekrosole der Friedhöfe und ebenfalls vielfach durch Düngung mit Nährstoffen angereichert (Abb. 1e).

Stark verändert sind Böden am Straßenrand. Carbonathaltige Stäube während des Fahrzeugbaus und vor allem Fahrzeugabrieb hat die pH-Werte der ersten 10-20 m stark erhöht (5 m neben der Avus im Beispiel auf 5); gleichzeitig stiegen durch Abfälle die Nährstoffgehalte an: nitrophile Saumpflanzen wie Brennessel oder Hollunder weisen z.B. auf ein erhöhtes Stickstoffangebot hin. Aber auch Blei und Cadmium wurden angereichert (Tab. 3), und zwar vor allem im Oberboden, weil sie überwiegend in Form fester Partikel kontaminiert werden und die pH-Erhöhung eine Wanderung in gelöster Form erschwert. Schließlich sind viel Straßenrandböden salzreich. Infolge eines relativ trockenen Klimas ist die Wassersickerung in Berliner Waldböden gering, so daß das Tausalz mehrerer Streujahrgänge im Boden verbleibt, Salzböden entstehen und viele Straßenbäume absterben lassen. Die ersten 2-5 m bestehen überdies meist nicht mehr allein aus natürlichen Sedimenten sondern zusätzlich aus Bau-schutt. Hier wurden die ursprünglichen Rostbraunerden oder Parabraunerden also durch stein- und kalkreiche Pararendzinen ersetzt.

Innerstädtisches Grün Berlins stockt häufig auf Pararendzinen aus Trümmerschutt des letzten Krieges. Es handelt sich um trockene Standorte mit im Vergleich zu natürlichen Böden erhöhten Nährstoffgehalten. Die porösen Ziegel erhöhen den Anteil an Mittelporen (Abb. 1h): in ihnen gebundenes Wasser ist aber nur bedingt für Pflanzen verfügbar, weil die Wurzel nicht in die Poren einzudringen vermag. Der Bau-schutt selbst ist bereits reich an Schwermetallen: durch Fahrzeugabgase ist ihr Oberboden dann noch zusätzlich mit Blei angereichert (Tab. 3). Der Tiergarten, der größte Park Berlins, besteht z.B. zu einem Drittel aus diesen kalk- und steinreichen Böden aus Trümmerschutt (SUKOPP u.a., 1979).

**Tabelle 1:** Wasser- (nutzbare Wasserkapazität) und Nährstoffverhältnisse (Laktat-lösliches K und P) Berliner Böden (Angaben je m<sup>2</sup>)

Nutzung	Körnung	0-2 dm			2-10 dm		
		l nWK	g Ka	g Pa	l nWK	g Ka	g Pa
<u>Sand. Braunerden</u>							
Buchenforst	x''fmS	13	10	2.5	24	7.0	7.0
Forst (5 m Avus)	x'u'S/1'S	20	25	45	67	29	6.6
Park	x''u'S	42	11	13	55	27	53
Friedhof	x''u'S	55	46	26	92	21	62
Rieselfeld	x'l'S	21	21	27	58	18	110
<u>Aufschütt.böden</u>							
Grünanlage	x <sup>1</sup> )u'S	75 <sup>x</sup>	27	8.5	94 <sup>x</sup>	68	30
Bahndamm	xgS/fS	10	5.8	4.6	45	27	86
Industriep1.	xg <sup>3</sup> S/x'fS	11	8.1	3.8	43	46	46

1) Ziegel 2) Schlacke <sup>x</sup>z.T. durch poröse Ziegel

**Tabelle 2:** Nährstoffreserven Berliner Böden (Gesamt-N, HCl-lösl. K, P u. Mg in g/m<sup>2</sup>)

	N <sub>t</sub>	0-2 dm			Mg <sub>v</sub>	N <sub>t</sub>	2-10 dm		
		K <sub>v</sub>	P <sub>v</sub>	Mg <sub>v</sub>			K <sub>v</sub>	P <sub>v</sub>	Mg <sub>v</sub>
<u>Sand. Braunerden</u>									
Buchenforst	280	74	48	64	130	270	110	240	
Forst (5 m Avus)	380	61	98	140	180	220	190	450	
Park	320	79	75	93	230	520	270	480	
Friedhof	210	180	120	190	300	500	300	890	
Rieselfeld	800	79	540	170	600	270	710	590	
<u>Aufschüttungs b.</u>									
Grünanlage	190	110	48	180	86	410	150	680	
Bahndamm	130	170	110	260	110	650	360	850	
Industriep1.	8	86	280	2400	130	500	250	650	

**Tabelle 3:** EDTA-lösl. Schwermetalle Berlin Böden (Mengen in g/m<sup>2</sup>)

	0-2 dm				2-10 dm			
	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn
<u>Sand. Braunerden</u>								
Buchenforst	0.3	.009	3.4	0.8	0.8	.023	0.8	1.0
Forst (5 m Avus)		.061	26			.083	24	
Park	1.9	.066	5.1	6.0	0.3	.056	1.3	2.1
Friedhof	2.7	.20	4.4	6.3	2.3	1.7	3.9	16
Rieselfeld	5.9	2.2	78	35	7.3	4.5	61	53
<u>Aufschütt.böden</u>								
Grünanlage		.023	21			.043	30	
Bahndamm	3.7	.80	1.1	2.6	0.3	1.4	1.1	0.6
Industriep1.	4.3	.082	9.4	14	41	3.4	17	17

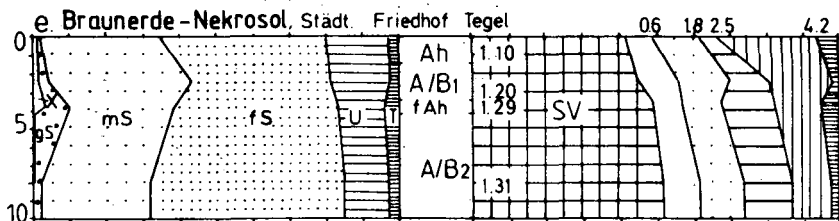
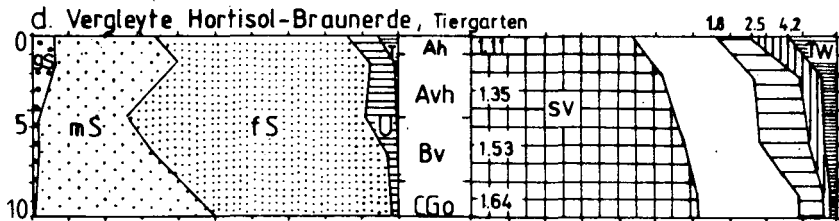
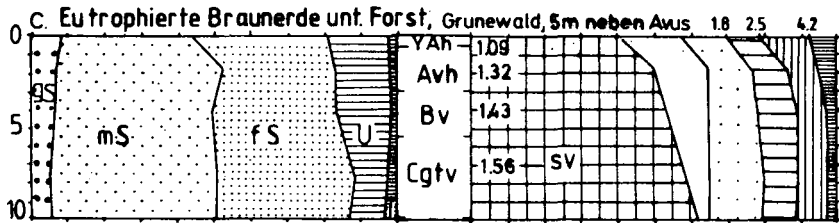
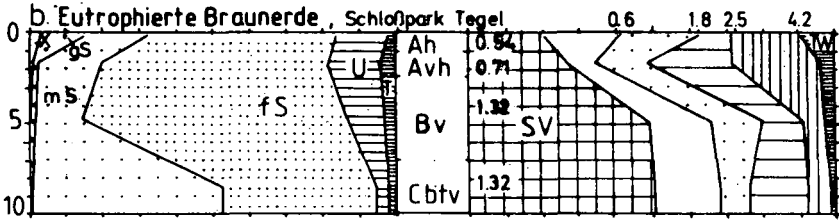
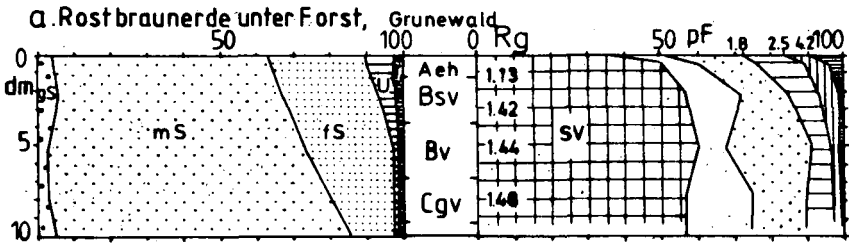
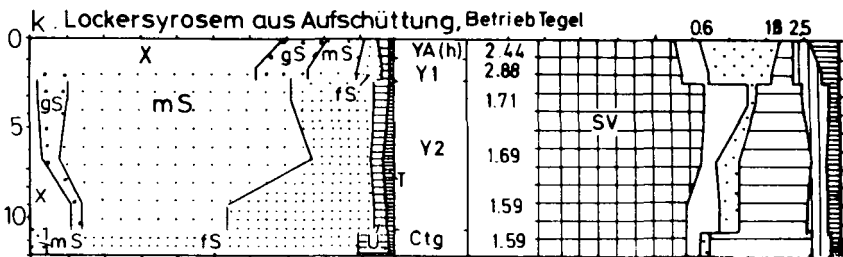
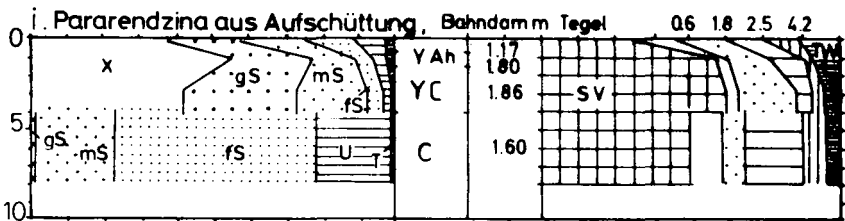
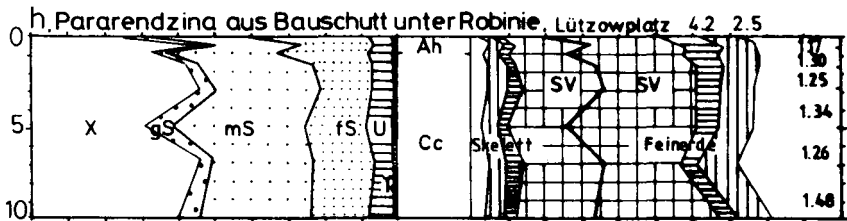
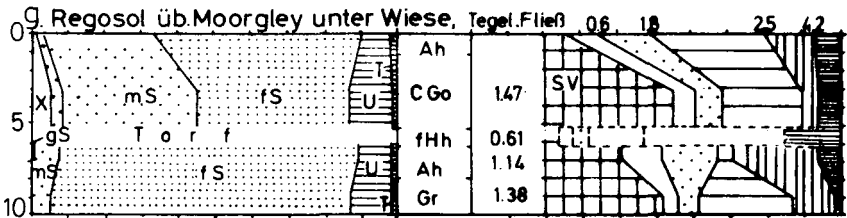
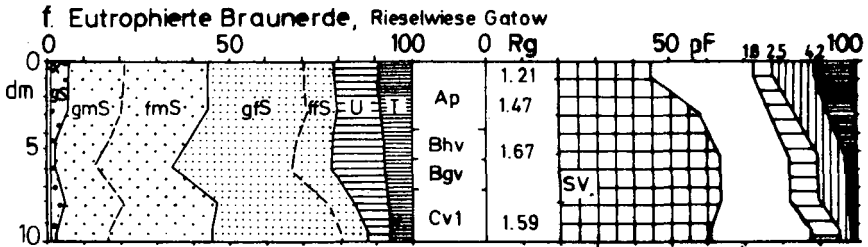


Abb. 1: Körnung (in %), Raumbgewicht (RG in  $\text{g/cm}^3$ ) und Porung bzw. Wasserbindung (SV = Substanzvol., TW = Totwasser in Vol. %) typischer Böden Berlins



Auch Industrie- und Bahnflächen weisen in der Regel Aufschüttungsböden auf: z.B. die steinreiche Pararendzina des Bahnkörpers eines stillgelegten S-Bahn-Nebengleises (Abb. 1i); deren hoher Kohlenstoffgehalt im Oberboden (Abb. 2) ist z.T. durch Kohlenstaub verursacht. Ein solcher Boden ist reich an mobilisierbaren Schwermetallen, vor allem an Cu, Zn und Cd (Tab. 3). Gleiches gilt in noch stärkerem Maße für viele Industriestandorte, z.B. einen Rohboden aus Schlacke über sandiger Aufschüttung eines Industriebetriebes in Tegel (Abb. 1f). Dieser Boden ist stark verdichtet und extrem alkalisch: die pH-Werte des Oberbodens liegen über 11 (Abb. 2). Er ist zudem reich an mobilisierbaren Schwermetallen, besonders an Blei, Cu und Zn (Tab. 3). Dieser Standort dient als Lagerplatz, ist mithin vegetationsfrei; begrünte Flächen besitzen eine charakteristische Schwermetallflora.

Vor allem am Stadtrand befinden sich Entsorgungsanlagen zur Deponierung fester und flüssiger Abfälle. Charakteristikum vieler Böden auf und neben Mülldeponien ist ein hoher Methangehalt. Dieser schafft reduzierende Bedingungen im Wurzelraum und führt zum Absterben der Vegetation vor allem durch Sauerstoffmangel (BLUME u.a., 1979). Nicht selten sind Deponieböden demzufolge trockene Luftmangelstandorte, während ja unter natürlichen Bedingungen Luftmangel in der Regel mit Nässe einhergeht. Dieses gilt auch für Flüssigdeponien. Auf den Berliner Rieselfeldern wurden bis zu 6000 mm Abwasser pro Jahr verrieselt, womit aus trockenen Braunerden feuchte sowie periodisch nasse und luftarme Standorte wurden. Durch das Abwasser sind solche Böden auch mit Humus (Corg. in Abb. 2) sowie Nährstoffen stark angereichert, Eisen und Mangan wurden infolge niedriger Redoxpotentiale verstärkt ausgewaschen (BLUME u.a., 1980). Andere Nährstoffe wie Stickstoff (Tab. 2) und Phosphor (Tab. 1) wurden hingegen stark angereichert. Gleiches gilt aber auch für andere Schwermetalle, besonders Blei und Zink (Tab. 3). Vor allem Zink wird demzufolge auch in starkem Maße von Pflanzen aufgenommen (Tab. 4) und hat bei Kulturpflanzen bereits zu Wuchsschäden geführt. Das im Rieselfeld-Boden ebenfalls relativ stark vertretene Cadmium wurde (wahrscheinlich infolge starker Ionenkonkurrenz) durch die untersuchte Brennesel und Quecke hingegen vergleichsweise wenig aufgenommen.

Die eingangs genannten Unterschiede zwischen den natürlichen Böden Berlins verbunden mit den geschilderten Veränderungen durch unterschiedliche Nutzung haben eine außerordentlich große Vielfalt unterschiedlicher Bodeneigenschaften mit demzufolge großer Bandbreite an Eigenschaften, die für Lebensraum- und Filterfunktion bedeutsam sind, hervorgerufen. Das stellt hohe Anforderungen an eine verantwortliche Stadtplanung, die die Bedürfnisse nach Wohn-, Verkehrs-, Industrie- und Freizeitstandorten in Einklang zu bringen hat und außerdem noch einen hohen Ertrag an sauberem Grundwasser erwirtschaften möchte. Hierfür sind u.a. auch genaue Kenntnisse der Bodenverhältnisse erforderlich, die detaillierten Bodenkarten zu entnehmen sein sollten.



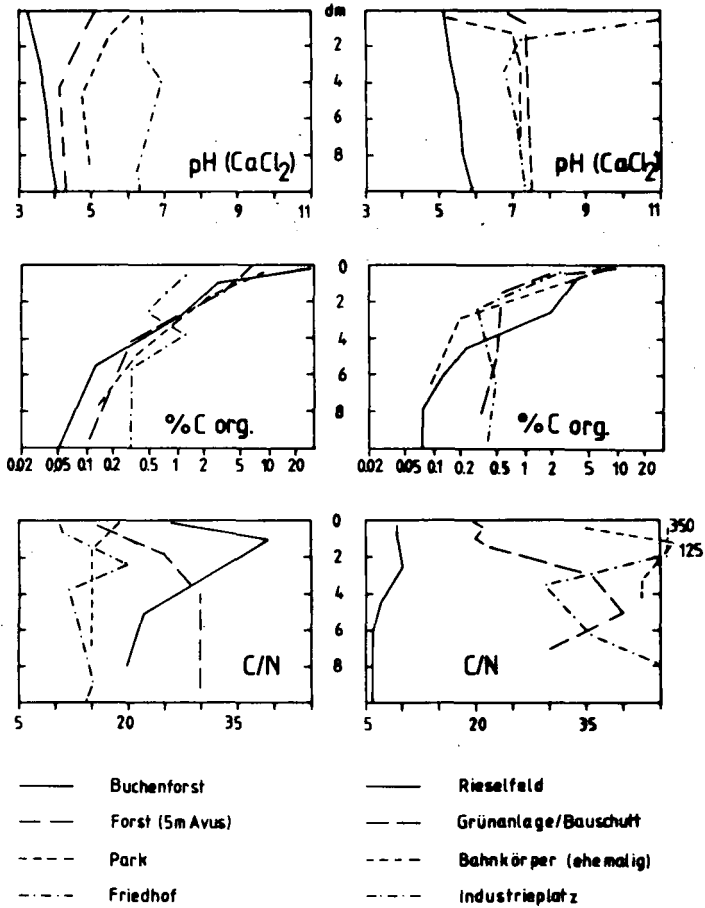
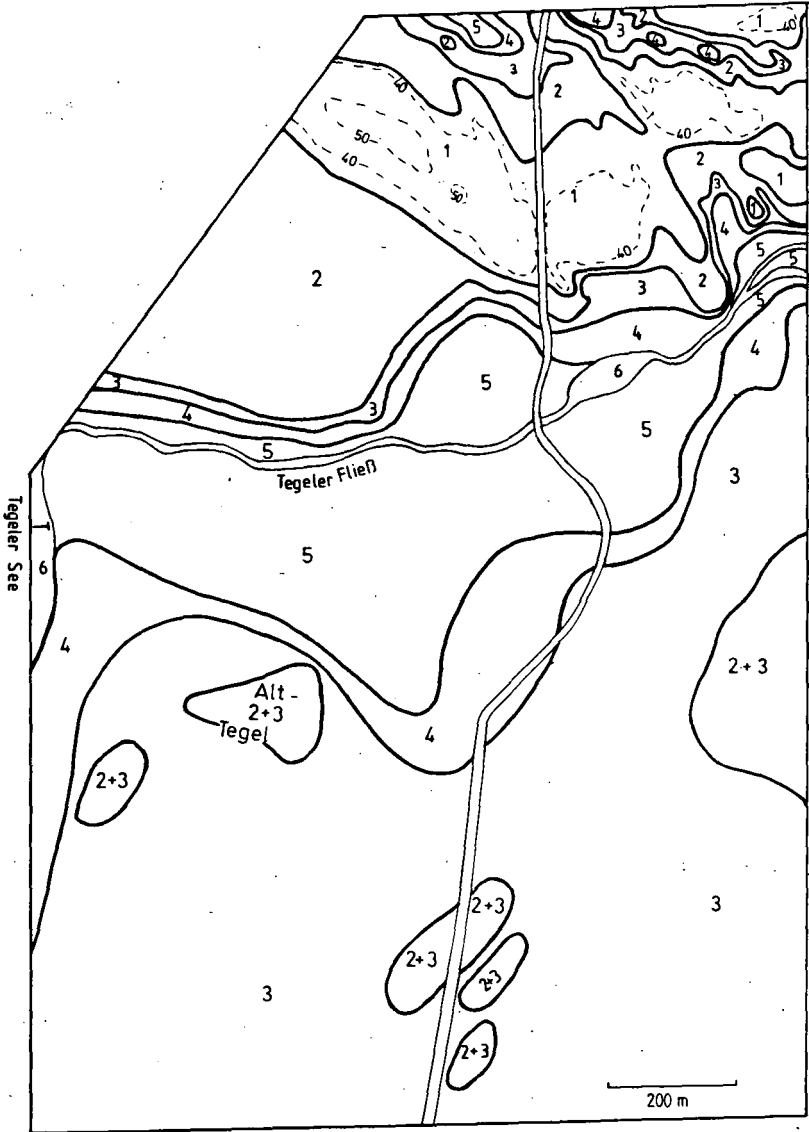


Abb. 2: Eigenschaften typischer Böden Berlins unterschiedlicher Nutzung (Horizontierung s. Abb. 1)

Tabelle 4: Schwermetallgehalte von Brennesel und Quecke Berliner Sandböden (mg/kg Trock.subst. im Juli 1981 geernteter Sprosse)

	Brennesel						Quecke					
	Cu	Cd	Fe	Mn	Pb	Zn	Cu	Cd	Fe	Mn	Pb	Zn
Rieselfeld	9.3	0.23	250	50	1.6	240	11	0.32	90	29	0.1	100
Pfaueninsel	6.2	0.04	220	220	3.6	70	7.3	0.19	350	160	1.8	50



- |          |                                |          |                                       |
|----------|--------------------------------|----------|---------------------------------------|
| <b>1</b> | Ro-oBe aus Flugsand, pH 4-5    | <b>4</b> | G1Be-BeG1-G. a. Das u. Fluß-S, pH 4-6 |
| <b>2</b> | Ro-Be aus Flugsand/Das, pH 4-5 | <b>5</b> | Hn-Am-HG1 a. Flußsand, pH 5-6         |
| <b>3</b> | gBe-Be aus Das, pH 4-5         | <b>6</b> | Gy-G1Pa-Hn a. Fluß- u. See-S, pH 5-7  |

Abb. 3: Frühere Bodengesellschaften Tegels vor menschlichen Eingriffen (rekonstr. n. topogr. u. geolog. Karten des 19. Jh; pH der oberen 10 cm naturnaher Standorte von 1950)

Erläuterungen der Abkürzungen s. Abb. 4

Für eine Reihe Berliner Freiflächen wurden von uns inzwischen großmaßstäbige Bodenkarten angefertigt, und zwar teilweise im Auftrage von Senatsdienststellen. Beispiele sind BLUME (1981) zu entnehmen.

Abb. 3 zeigt die früheren, Abb. 4 die heutigen Bodenverhältnisse eines Teilbereiches von Berlin-Tegel. Flächenmäßig dominierten ursprünglich saure, sandige, vergleyte Braunerden mit mittleren Grundwasserständen von weniger als 4 Metern, so daß tief wurzelnde Waldbäume sich auch aus dem Grundwasser versorgen konnten. Das Fließtal war vermoort; daran schlossen im Norden trockene Rostbraunerden der Dünen des Tegeler Forstes an.

Heute dominieren versiegelte Böden sowie Böden aus Aufschüttungen. So sind bei lockerer Bebauung bis zu 30 % der Böden (nach vorherigem Kappen) versiegelt, bei mittlerer Bebauung 30-50 und bei dichter Bebauung 50-80 %. Auch Industrie- und Gewerbeflächen sind meist zu 50-80 % versiegelt und die übrigen Böden stark verdichtet und spezifisch kontaminiert. Im Bereich des Tegeler Fließ fanden durch Flußbegradigung, Anlage eines Hafenbeckens, starke Aufschüttungen der organischen Böden sowie Eutrophierung durch verschmutztes Flußwasser besonders starke Veränderungen statt. Fast alle früheren Grundwasserstandorte sind heute trockener, da durch Grundwasserabsenkung und Aufschüttung der Grundwasserabstand größer wurde. Ursprünglich wiesen über 3/4 der Fläche Grundwasserstände von unter 4 m auf, so daß zumindest tiefwurzelnde Bäume Grundwasseranschluß hatten. Heute ist diese Fläche durch Absenkungen von 1-3 m stark vermindert (s. Abb. 4). Außerdem versickert in versiegelten Flächen kein Niederschlagswasser. Dem steht noch gegenüber, daß die Wasserverdunstung wegen der im Stadtbereich höheren Temperaturen höher ist. Demzufolge dominieren heute trockene Standorte. Insgesamt hat die Besiedlung zu einer stark verminderten Diversität der Wasser- und Luftverhältnisse der Pflanzenstandorte geführt, hingegen zu einer erhöhten Diversität der Nährstoffverhältnisse (bis hin zum Auftreten toxisch wirkender Konzentrationen).

Nr.	Bodengesellschaft	Kör., pH	Geomorphe Einheit, Nutzung
a) Gebiete mit naturnaher Vegetation <span style="float: right;">* Straßennähe</span>			
1	Re-koBe	fS, 4-8	Düne m. Wegschnitt; Forst
2	Ro-PoBe	fS, 3-4(8)*	Dünenkuppen,-hänge; Forst
3	gRo-gBe	fS, fS/sU, 3-4	glazifluv. Tal (Das) m. Flugs.; Forst
4	gRe-GlRe	(x)S/fS, 3-5(8)*	Das m. Aufschütt.; Forst
5	ReGl-GlRe	fS, 5-8	Das m. Grabenböschung
6	Gl-NGl	S, 4-5	Das-Mulde, Bachau
7	NGl-Am	S, 5-6	Bachau
8	Hn-HGl	S, 6-8	Bachau
9	NGl-ReGl-kaReGl	(x)S/Hn	Bachau, aufgeschütt.
b) Grünflächen menschlicher Nutzung			
10	Ro-koBe	fS, 3-5	Dünenkuppen; Park
11	Be-HoBe	fS, fS/sU, 3-6	Dünenhänge u. Das m. Flugsand; Park
12	eBe	fS, fS/sU, 5-7	glazifluv. Tal m. Ackerflur
13	Re-HoRe-kaRe	(x)S, 6-8	Dammerschüttung; Gärten
14	Nè-HoBe	fS, fS/sU, 5-7	Das m. Friedhof
15	HoBe-eBe	fS, fS/sU, 5-7	Das m. Kleingärten
16	gHoBe/Hn	fS, fS/sU, 6-8	aufgeschütt. Bachau m. Gärten
c) Bebaute Flächen			
17	HoBe-Si	fS, fS/sU, 6-7	Das m. lock. Bebauung (B.)
18	Si-eBe-kaRe	fS, sL(x)S, 6-8	Das m. Aufschütt. u. mittl. B.
19	Si-gBe-gRe/Hn	(x)S/S, Hn, 6-8	Das u. Aue m. Aufschütt. u. mittl. B.
20	Si-Pr-Re	xS, (s)S/S, 5-8	Das m. Aufschütt. u. dichte B.
21	Si-Sy-Pr-Re	xS/fS, 6-11	Das m. Schlacken-Aufschütt. u. Industrie-B.
22	Si-gRe-Pr	sS/Hn, 6-8	Aue m. Aufschütt. u. Industrie-B.
23	Si-Sy-Pv	xS/S, 5-7	Das m. Aufschütt. u. Bahnanlagen
24	ReGl-kaReGl-Si	xS/fS, 5-8	Aue m. Aufschütt. u. Hafenanlagen

Ökologisch wirksames Grundwasser

●●● früher

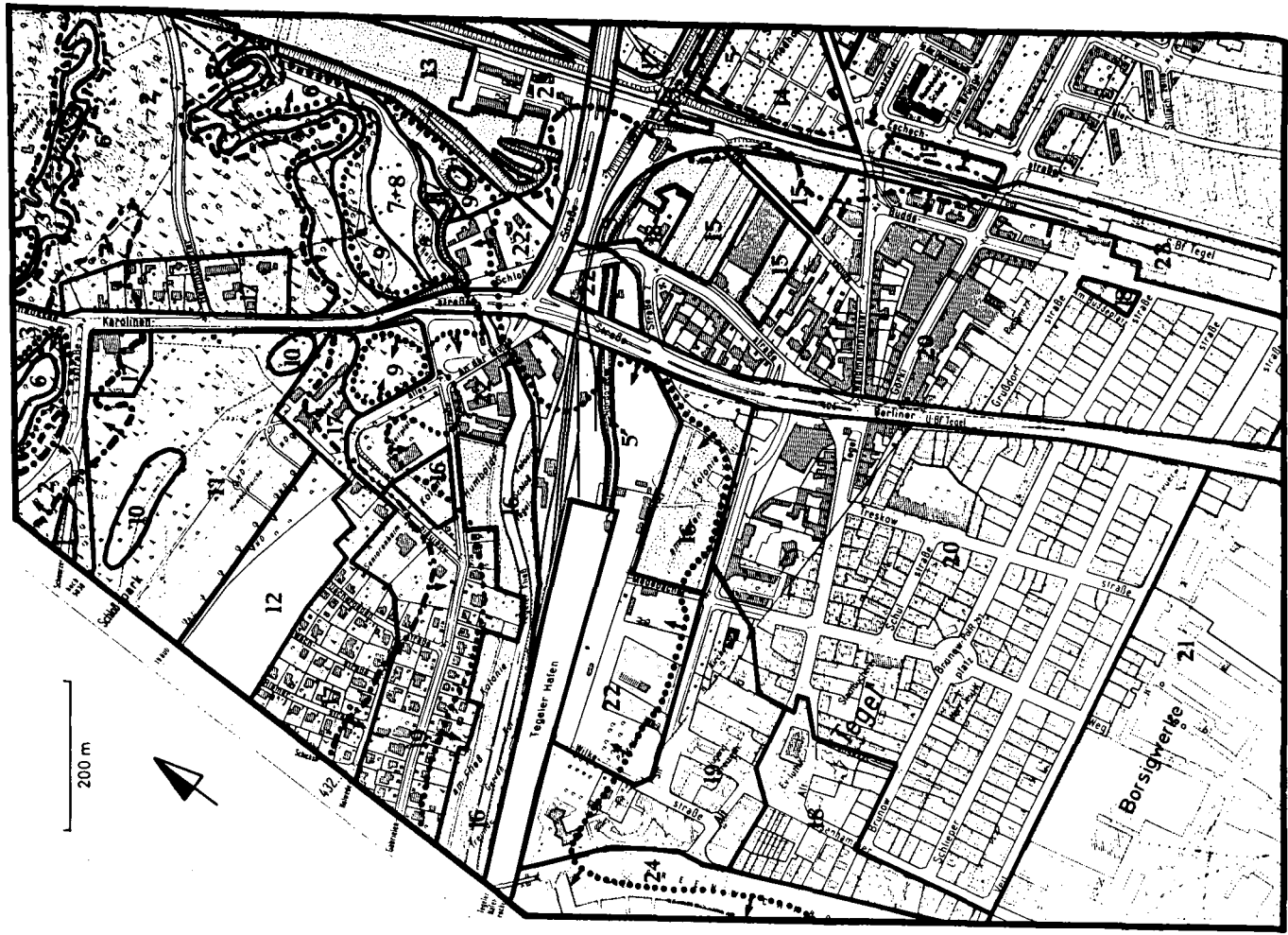
●●●● heute

Am : Anmoorgley  
 Be : Braunerde  
 Gl : Gley  
 HG1 : Moorgley  
 Hn : Niedermoor  
 Ho : Hortisol

Ne : Nekrosol  
 NG1 : Naßgley  
 Po : Podsol  
 Pr : Pararendzina  
 Re : Regosol  
 Ro : Rostbraunerde

Si : versiegelter B.  
 Sy : Lockersyrosom  
 e : eutroph  
 g : vergleyt  
 ka : kalkhaltig  
 ko : kolluvial  
 o : oligotroph

Abb. 4: Bodenkarte Tegels (Ausschnitt; pH-Werte i. 0-10 cm; n. BLUME u.a., 1981b, verändert)



### Literatur

- BLUME, H.-P., R. BORNKAMM, H. SUKOPP u.a.: Vegetationsschäden und Bodenveränderungen in der Umgebung einer Mülldeponie. Z. Kulturtech. u. Flurber. 20 (1979) 65.
- BLUME, H.-P., R. HORN, F. ALAILY, A. JAYAKODY, H. MESHREF: Sandy Cambisol functioning as a filter through longterm irrigation with wastewater. Soil Sci. 130 (1980) 186.
- BLUME, H.-P. (Red.): Typische Böden Berlins. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 31, (1981)
- BLUME, H.-P.: Alarmierende Versauerung Berliner Forsten. Berliner Naturschutzbl. 75 (1981a) 713.
- BLUME, H.-P., H. SUKOPP, L. TREPL u.a.: Ökologisches Gutachten über die Auswirkungen von Bau und Betrieb der BAB Berlin-W. im Stadtteil Tegeel. Sen. Stadtentwickl., Umweltschutz, Berlin 1981b.
- BRECHTEL, H.M.: Influence of vegetation and land use on vapourization and ground water recharge in West-Berlin. 2. Europ. Ökol. Symposium, Berlin 1980.
- SUKOPP, H. (Red.): Ökolog. Gutachten über die Auswirkungen von Bau und Betrieb der BAB Berlin-W. auf den Großen Tiergarten. Sen. Bau-, Wohnungswesen, Berlin 1979.

### Soils of the High Density Area of Berlin

The characteristics of soils of urban high density areas and their ecological properties are presented with reference to Berlin (W). Relatively strong contamination by house and industry combustion processes, traffic emissions and relative dryness due to high evapotranspiration as well as ground water sinking are common for these soils. A lot of these soils are carried away, rearranged or covered. A larger part is moreover compacted and consequently fossilized. Young formations of artificial rocks (building refuse, rubbish) appear besides the soils of natural parent material.

Garden and park soils are often deeply trenched, manured and are partly deep humic Hortisols. In most cases, the soils in industrial locations are strongly compressed and their contamination is specifically dependent upon the type of the industry. Traffic locations are at street borders often by road salts and heavy metals contaminated and polluted by wastes. The same is applicable (except road salts) for the soils at rail and water ways. Special variations have been experienced by soils of and near waste deposits in methane and therefore poor in oxygen. Soils of waste water disposal fields are especially rich in nutrients and harmful substances.