

BULLETIN

19

Alfred Kaufmann zum Gedenken

20 Jahre BGS

Jubiläumstagung vom 16. und 17. März 1995 in Bern

Physikalischer Bodenschutz

Referate, Texte zu den Postern

Bodenschutz in den Kantonen

Tätigkeitsberichte

1. Allgemeines, Schriftgrösse, Papier

Alle Beiträge sind als druckfertige Vorlagen abzuliefern. Sie werden direkt ab diesen Vorlagen reproduziert und dabei von A4 auf A5 verkleinert. Bei der Wahl der Schriftgrösse ist auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen: in der Vorlage sollten Grossbuchstaben nur ausnahmsweise kleiner als 2,5 mm, nie aber kleiner als 1,5 mm sein.

Für die Vorlagen ist ausschliesslich weisses Papier zu verwenden.

2. Umfang der Arbeit

Texte zu Referaten: Maximal 6 Seiten; in begründeten Ausnahmefällen maximal 8 Seiten.

Texte zu Postern: Maximal 4 Seiten.

Aus drucktechnischen Gründen ist eine gerade Seitenzahl erwünscht.

3. Satzspiegel, Schriftbild, Zeilenabstand

Satzspiegel, Seitenränder (Format A4): oben: 2,5 cm;
unten: 2 cm;
links und rechts: 2 cm.

Der innerhalb dieses Rahmens liegende Platz soll voll ausgenützt werden.

Zeilenabstand: 1.

Schrifttyp: PC: Courier IBM 12, Helvetica 12 oder ähnlich;
Schreibmaschine: Letter Gothic 12 oder ähnlich.

Bitte Schrift nicht mit Raster unterlegen!

4. Tabellen

- Kleinere Tabellen im Hochformat.
- Grössere Tabellen im Querformat.
- Extrem grosse Tabellen ausnahmsweise auf 2 Seiten aufteilen; linke Hälfte: gerade Seitenzahl; rechte Hälfte: ungerade Seitenzahl.
- Schriftgrösse: Gleich wie im Text, siehe unter 1.
- Die Titel zu den Tabellen stehen über den Tabellen. Enthält der Text mehrere Tabellen, sind diese fortlaufend zu numerieren.

5. Abbildungen

Die Abbildungen (Figuren) sind dort, wo sie im Druck erscheinen sollten, in den Text zu integrieren.

Bei der Wahl von Schriftdicke und Schriftgrösse ist der Verkleinerung beim Druck Rechnung zu tragen. Schriftgrösse: Gleich wie im Text, siehe unter 1.

Die Titel zu den Abbildungen stehen unter den Abbildungen.

Raster: Bei Graphiken bitte möglichst grobe, unterschiedliche Raster verwenden. Zu feine Raster erscheinen im Druck häufig entweder schwarz oder weiss.

Fotos: Nur in Ausnahmefällen und nach Rücksprache mit dem Redaktor.

BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ

SOCIETE SUISSE DE PEDOLOGIE

BULLETIN 19

1995

20 Jahre B G S

Jubiläumstagung vom

16. und 17. März 1995 in Bern

Physikalischer Bodenschutz

Referate, Texte zu den Postern

Bodenschutz in den Kantonen

Tätigkeitsberichte

Koordination: M. Müller, Zollikofen

Juris Druck, Dietikon ZH

BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ

SOCIETE SUISSE DE PEDOLOGIE

Adresse: Geographisches Institut der Universität Zürich
Winterthurerstrasse 190
CH-8057 Zürich

Telefon 01 257 51 21/11 **Fax** 01 362 52 27

Postcheck-Konto: BGS Bern 30-22131-0 Bern

Vorstand / Comité 1995

Präsident / Président: P. Germann, Bern
Vize-Präsident / Vice-président: J.-M. Gobat, Neuchâtel
Beisitzerin / Assesseeuse: E. Marendaz, Chexbres VD
Sekretär / Secrétaire: P. Fitze, Zürich
Rechnungsführer/ Comptable M. Jozic, Ebikon

Redaktion / Rédaction

M. Müller
Schweizerische Ingenieurschule für Landwirtschaft
3052 Zollikofen 031 910 21 24

Dokumentationsstelle / Service des documents

Landw. Lehrmittelzentrale LMZ, Länggasse 79,
3052 Zollikofen 031 911 06 68

Vorsitzende der Arbeitsgruppen / Présidents des groupes de travail

Klassifikation und Nomenklatur: P. Fitze, Zürich
Körnung und Gefüge: P. Weisskopf, Zürich-Reckenholz
Lysimeter: H. Wegmüller, Suberg
Bodenschutz und Werthaltung U. Vökt, Bern
Bodenerosion/Bodenkonservierung D. Schaub, Basel

Koordination Ausstellung und Broschüre BODEN/SOL

U. Zihlmann, Zürich-Reckenholz 01 377 74 08

Alfred KAUFMANN zum Gedenken	7
Luc-François BONNARD, membre d'honneur de la SSP	9
20 Jahre BGS - Intervention de Alain RUELLAN, Président de l'Association Internationale de la Science du Sol	10
Gratulation von Frau Bundesrätin Dreifuss	13
Grussadresse Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft	14
H. STICHER 20 Jahre Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz	15
Jubiläumsveranstaltung vom 16. März 1995; Wissenschaftliche Tagung vom 17. März 1995 zum Thema "Physikalischer Bodenschutz": Texte zu den Referaten und Postern	25
B. HUWE Böden als Kompartimente von Waldökosystemen	25
U. VÖKT Wege zum Vollzug des physikalischen Bodenschutzes	33
R. BONO, M. ACHERMANN, F. BORER, A. ENGGIST, R. KLÄY, CH. SALM und U. VÖKT Grosse Bauvorhaben bodenverträglich gestalten: Erfahrungen aus dem Gasleitungsbau	39
F. BORER Physikalischer Bodenschutz - Erfahrungen beim Autobahn- bau	47
W.G. STURNY Physikalischer Bodenschutz in der Landwirtschaft	53
J.-P. CLÉMENT La protection des sols contre les atteintes physiques - point de vue de l'OFEPF	61
R. SCHULIN Physikalischer Bodenschutz und die Kluft zwischen Physik und Bodenschutz	67
G. VON ROHR, P. GERMANN und U. VÖKT Auswirkungen des Rohrleitungsbaus auf bodenphysikalische Kenngrössen	73
W. ROHR und P. SCHULER Bodenschutz bei Grossbaustellen ist machbar	77
N. CIESLAK, P. DE PURY, A. BESSON et G. MEYLAN Influence du décapage d'un sol sur ses propriétés physiques	81

P. WEISSKOPF und U. ZIHLMANN Wasserhaushalt und Verdichtungsgefährdung von Böden	85
U. ZIHLMANN, P. WEISSKOPF, E. DISERENS und TH. ANKEN Zuckerrüben-Ernteverfahren und Gefahr der Boden- verdichtung	89
J.-A. NEYROUD et G. CHRISTINET Propriétés physiques des sols agricoles de Suisse romande	93
J.-A. NEYROUD Forces et faiblesses de l'approche physique du sol in situ	97
Wissenschaftliche Tagung vom 17. März 1995: Texte zu den Postern mit frei gewählten Themen	99
P. BLASER, P. LÜSCHER, A. RIGLING, L. WALTHERT, S. ZIMMERMANN und M. ZYSSET Bodenschutzrelevante Untersuchungen an der WSL	99
D. DRÄYER, J. FRÖHLICH, M. HUBER und D. SCHAUB GIS-gestützte Bodenerosionsmodellierung in der NW-Schweiz	105
V. PRASUHN und M. BRAUN Abschätzung der Gewässerbelastung durch Erosion im Kanton Bern	109
L. MENZEL und J. NIEVERGELT (ARBEITSGRUPPE LYSIMETER) Niederschlag und Sickerwasser an fünf schweizerischen Lysimeteranlagen	113
J. POLOMSKI Nach dem Sturm - Windwurf und seine Auswirkung auf den Waldboden	117
A. ENGGIST und F. BORER Schadstoffbelastung des Bodens entlang von Strassen	121
F. BORER, A. ENGGIST und M. SCHENK Schadstoffbelastung des Bodens und der Vegetation im Umfeld einer 300 m-Schiessanlage	125
F. CELARDIN Métaux lourds dans les sols. Estimation simple de la fraction mobile de Cd, Pb et Zn	129
O. DANIEL und A. KRETZSCHMAR Applying computer assisted tomography to study the contribution of earthworms to soil macroporosity	133
O. DANIEL, F. SCHÖNHOLZER, S. EHLERS und J. ZEYER Microscopic methods to study the importance of micro-organisms in terrestrial food chains	135

Kantonale Bodenbeobachtungsnetze KABO: Ergebnisse, Mitteilungen	137
TH. MUNTWYLER (AG) Kabo AG (Kantonales Bodenbeobachtungsnetz Aargau)	137
R. BONO und TH. MOSIMANN (BL) Integrierte Bodenüberwachung (KABO) im Kanton Basel-Landschaft	141
M. SCHENK und H. WISMER (SG) Kantonale Bodenbeobachtung St. Gallen - Auswertung der Erstbeprobung	145
... (VS) La protection des sols en Valais	149
ARBEITSGRUPPE BODENBIOLOGIE DER BODENSCHUTZFACHSTELLEN DER KANTONE AARGAU, BERN UND SOLOTHURN (P. FRY, C. MAURER-TROXLER, A. ENGGIST) Einsatz bodenbiologischer Methoden in der langfristigen Bodenbeobachtung	153
Organisation des Bodenschutzes in den Kantonen: Ergebnisse einer Umfrage	155
AG	156
AR	157
BL	158
BE	159
GL	160
GR	161
LU	162
NW	163
OW	164
SG	165
SH	166
SO	167
TG	168
VS	169
VD	170
ZG	173
ZH	174
Jahresbericht / Rapport d'activités 1994	175
Berichte der Arbeitsgruppen	177
Klassifikation und Nomenklatur	177
Bodenerosion/Bodenkonservierung	178



Alfred Kaufmann

1923 - 1995

Am 30. April 1995 ist Alfred Kaufmann an den Folgen einer schweren Krankheit gestorben. Diese Nachricht hat auch diejenigen, die von seiner Krankheit wussten, letztlich doch überrascht.

So stellte Alfred am 16. März 1995 anlässlich der Jubiläumsgeneralversammlung zum 20jährigen Bestehen der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) die Jahresrechnung in fast altgewohnter Weise vor, schwung-, humorvoll und kompetent, was den Ernst seines Leidens vergessen liess.

Das Amt des Kassiers hat Alfred seit der Gründung der Gesellschaft im Jahre 1975 inne gehabt. Wer hätte damals gedacht, dass sich die kleine Gruppe von Bodenkundlern einmal zu einer Gesellschaft mit gegen 400 Mitgliedern entwickeln würde? Alfred hat den damit verbundenen Mehraufwand und das immer komplizierter werdende Rechnungswesen mit einer derartigen Selbstverständlichkeit bewältigt, dass die Erklärung dafür nur in der Freude über das Prosperieren der Gesellschaft liegen kann.

Die BGS hat Alfred sehr viel bedeutet. Neben dem 20jährigen Wirken im Vorstand hat er sich auch fachlich intensiv mit der Bodenkunde auseinandergesetzt, u.a. als Mitglied der Arbeitsgruppe Körnung und Gefüge. Dabei kam es zu einer idealen Ergänzung mit seiner beruflichen Tätigkeit als Dozent am Schweizerischen Landwirtschaftlichen Technikum in Zollikofen, einer Stelle, die er 1967 nach dem Weggang vom Plantahof in Landquart antrat.

Als Freund und Kollege hinterlässt Alfred in der BGS eine grosse Lücke. Er war sichtlich gerührt, dass er die Ernennung zum Ehrenmitglied der Gesellschaft an der diesjährigen Jubiläumsgeneralversammlung noch erleben durfte. Ich glaube, diese Anerkennung für sein vielfältiges Wirken in der Gesellschaft hat Alfred in den letzten Wochen mit Genugtuung, ja vielleicht gar mit Freude erfüllt. Wir werden Dir, lieber Alfred, ein ehrendes Andenken bewahren.

Heinz Häni

Luc-François BONNARD, membre d'honneur de la SSP

Luc-François Bonnard est un lausannois de pure souche: fils de géologue, géologue lui-même, docteur ès sc de l'UNI-L, il a commencé sa carrière dans la cartographie géologique du Burkina-Faso. Il a ensuite complété sa formation à l'Université de Gand avec un diplôme de 3^{ème} cycle en cartographie pédologique. C'est donc l'un des rares cartographes diplômés de l'époque qu'a engagé la Station fédérale de recherches agronomiques de Zürich-Reckenholz, en 1972.

Luc-François Bonnard est l'un des "pères-fondateurs" de notre société, mise sur pied en 1975, sur le modèle belge qu'il connaissait particulièrement bien. Durant 20 ans, il a assumé le secrétariat de la SSP. Il en a élaboré les statuts, a créé et mis à jour la liste des membres, et surtout la rédaction des MITTEILUNGEN/COMMUNICATIONS, précieux organe de liaison entre les membres. N'oublions pas ses talents de traducteur, garants du maintien de nos relations confédérales. Les présidents ont passé, mais le secrétaire est resté (avec le caissier). Il a assuré la continuité et maintenu le cap. Si nous étions musiciens, nous dirions que grâce à lui, les sols ne sont pas las.

J.-A. Neyroud

Berne, le 16 mars 1995

Vingtième anniversaire de la Société Suisse de Pédologie

Intervention de

Alain Ruellan

Professeur Docteur en Science du Sol,

Président de l'Association Internationale de la Science du Sol

Monsieur le Président,
Mesdames et Messieurs,
Chers Collègues,

Permettez-moi tout d'abord de vous féliciter pour vos 20 ans, ... quel bel âge, n'est-ce pas ! ..., et de vous remercier très chaleureusement pour l'honneur et l'amitié que vous me faites de m'inviter à vous délivrer un message, ce que je fais avec un très grand plaisir.

Lorsque, il y a quelques mois, j'ai accepté de prendre la Présidence de l'Association Internationale de la Science du Sol, j'avais conscience que cette présidence ne serait pas de pure forme ni de tout repos, et c'est tant mieux.

Pourquoi cela ? et bien parce que **la science du sol est à un tournant important de son histoire.**

On peut, en effet, dire ceci :

- depuis peu, depuis quelques années seulement, il y a une véritable prise de conscience mondiale du fait que la ressource sol est vraiment vitale pour l'avenir des sociétés humaines ;

- de ce fait, on constate que la demande vers les spécialistes en science du sol augmente fortement ;

- et face à cette demande, il est alors de notre devoir, nous les spécialistes, de nous organiser pour y répondre correctement : et il est clair que l'Association Internationale de la Science du Sol, en concertation avec toutes les Associations Nationales, se doit de contribuer à la construction de cette organisation et de cette réponse.

En clair, je considère qu'il est devenu urgent, pour l'ensemble des spécialistes en science du sol, de prendre le temps et les moyens de se coordonner : l'Association Internationale de la Science du Sol se doit d'être l'un des lieux privilégiés de ce travail.

Deux décisions récentes, concernant notre Association, vont nous aider à mieux faire ce travail de coordination pour une science du sol au service des sociétés humaines:

* **Première décision** : grâce à la persévérance de notre Secrétaire Général, le Professeur Blum, notre Association est maintenant membre de l'ICSU, le Conseil International des Unions Scientifiques : il s'agit là d'une reconnaissance explicite, par la communauté scientifique internationale, de l'existence de la science du sol, et à travers cette reconnaissance, il y a aussi la reconnaissance de l'existence du sol, de l'existence de la couverture pédologique comme milieu naturel bien identifié ; **la science du sol est ainsi reconnue comme étant une science naturelle à part entière** : ceci est fondamental pour notre crédibilité auprès des autres sciences, pour notre crédibilité auprès des autorités politiques et administratives et, en définitive, pour notre crédibilité auprès de l'opinion publique.

* **Deuxième décision** : il s'agit de celle prise, au sein de notre Association, d'en réviser les structures et, en particulier, d'en réviser les structures scientifiques. Nous avons décidé d'aller vite : nous souhaitons que les nouvelles structures de l'Association Internationale de la Science du Sol soient discutées et adoptées lors de notre prochain congrès qui, vous le savez, aura lieu à Montpellier en Août 1998. Mais pourquoi des nouvelles structures ; il y a à cela plusieurs raisons, les principales étant les suivantes :

- La structure scientifique actuelle de notre Association date de sa création, il y a maintenant plus de 60 ans ; or il est clair que depuis 1924 la science du sol a beaucoup évolué ; il faut savoir en tenir compte, autrement que par la création, opportuniste et plus ou moins artificielle, de nouvelles commissions, sous-commissions, groupes de travail et autres comités, ce qui a progressivement rendu passablement illisible le fonctionnement scientifique de l'Association Internationale de la Science du Sol.

- La structure scientifique actuelle de notre Association, qui sépare complètement les diverses approches de la couverture pédologique, les approches morphologiques, physiques, chimiques, biologiques, minéralogiques, ne permet aucun travail interdisciplinaire approfondi au sein de la science du sol ; or l'avenir, j'en suis convaincu, passe par l'approche intégrée des systèmes pédologiques, qu'il faut apprendre à découvrir, à regarder, à décrire, à analyser, à mesurer, à suivre dans ses dynamiques quotidiennes ; nous, les spécialistes, nous ne serons crédibles des utilisateurs du sol que si chacun de nous, quelque soit sa spécialité, apprend à reconnaître et à interpréter avec d'autres, une couverture pédologique.

- La structure scientifique actuelle de notre association ne tient pas assez compte des grands défis de notre monde d'aujourd'hui : les sols du monde entier sont, partout, fortement influencés par les activités humaines, beaucoup plus qu'on ne le croyait jusqu'à présent ; et en retour, les sociétés humaines sont fortement influencées par l'évolution anthropique des couvertures pédologiques, beaucoup plus qu'on ne le croyait jusqu'à présent. Tout ceci doit être beaucoup mieux pris en compte dans nos priorités scientifiques et dans notre organisation, dont l'objectif est, je vous le rappelle, les échanges et les collaborations.

En d'autres termes, je voudrais encore vous dire comment je perçois les priorités de notre travail de spécialiste en science du sol. Je suis convaincu que la communauté des scientifiques concernés par le sol doit poursuivre ses efforts dans quatre directions :

1 - Tout d'abord, être nous-mêmes. Le sol est un milieu en soi, un milieu qui mérite d'être étudié pour lui-même, sans être obligé de toujours se justifier par rapport à des utilisations possibles. Nous avons encore beaucoup de recherches fondamentales à faire, pour mieux connaître les couvertures pédologiques et leurs dynamiques. Nous devons accélérer la réalisation de ces recherches, sur le terrain et dans les laboratoires, et de manière interdisciplinaire à l'intérieur et à l'extérieur de la science du sol.

2 - Nous avons à développer les relations scientifiques entre nous, chercheurs en science du sol, et les chercheurs des autres sciences : sciences physiques, chimiques, biologiques, géologiques, ... sciences humaines

Nous avons la chance que la science du sol soit la science des interfaces et la science des systèmes complexes ; de ce fait, nous avons besoin des échanges avec les autres sciences et les autres sciences ont besoin de nos connaissances et de nos méthodes.

3 - Nous devons développer les études des relations entre les couvertures pédologiques et les activités humaines. Ceci sera le thème central du congrès de Montpellier : "fonctionnement actuel des systèmes pédologiques mondiaux en relation avec les divers types d'utilisations des sols par les sociétés humaines". Et j'insiste ici de nouveau sur la nécessité d'aborder ces questions au niveau des systèmes pédologiques, et non pas seulement au niveau d'un champ cultivé ou d'un profil pédologique ; le sol est un milieu naturel, qui a ses propres structures, ses propres morphologies : ce sont ces structures, qui s'emboîtent depuis le paysage jusqu'aux échelles microscopiques les plus fines, qui interagissent avec les activités humaines ; ce sont elles qui interagissent avec les fonctionnements biologiques, physiques et géochimiques ; ce sont donc elles qui sont les témoins visibles, accessibles, de l'évolution des sols en fonction des activités humaines.

4 - L'éducation en matière de sol : les gens connaissent les satellites, mais ils ne connaissent pas les sols ! Nous devons convaincre que la connaissance des sols par tous est essentielle pour le futur de la planète ; le sol est au centre des écosystèmes planétaires : sans sol, il n'y a plus de vie ; nous devons expliquer cela à chacun et à tous ; nous devons donner à chacun la possibilité de devenir un bon acteur d'une bonne utilisation des sols. Ceci est pour nous tous, membres de l'AISS, une réelle priorité.

Voilà, mesdames et Messieurs, ce que je souhaitais vous dire, très succinctement. Je n'ai plus qu'à vous renouveler tous mes vœux de succès, pour vous tous et pour la société suisse de pédologie. Et je vous donne rendez-vous à Montpellier, en Août 1998.

DIE VORSTEHERIN
DES EIDGENÖSSISCHEN DEPARTEMENTS
DES INNERN

Bern, 31. Januar 1995

Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz
Herr Prof. P. Germann
Geographisches Institut
Universität Bern
Hallerstrasse 12
3012 Bern


Sehr geehrter Herr Professor Germann

Für Ihre Einladung zum 20-jährigen Jubiläum der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz, BGS danke ich Ihnen sehr herzlich.

Der grossen Arbeit und dem enormen Einsatz, den die Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz für den notwendigen und vermehrten Schutz des Bodens leistet, gehört meine volle Anerkennung. Aus diesem Grund bedauere ich es besonders, dass ich am 16.3.1995 durch die Session und weiteren Verpflichtungen am Abend daran gehindert bin, mit Ihnen zu feiern. Leider muss ich Ihnen eine Absage erteilen.

Ich gratuliere der Gesellschaft zum 20-jährigen Bestehen und wünsche ihr weiterhin viel Erfolg in ihren Aktivitäten.

Mit freundlichen Grüssen



Ruth Dreifuss
Bundesrätin

20 Jahre Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz, 16. März 1995

Grussadresse des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft

Der Boden spielt in der Geschichte der Menschheit seit je eine zentrale Rolle. Der Kampf um fruchtbaren Boden war eine der Hauptursachen kriegerischer Auseinandersetzungen. Nicht selten wurden die Böden bis zu ihrer Erschöpfung bewirtschaftet, so dass die Landbewohner gezwungen waren, neue Gebiete zu erobern und der Natur frischen, unverbrauchten Boden abzurufen. In den 50er Jahren hat sich die Bewirtschaftung des Bodens wesentlich verändert. Die Produktionsfaktoren Boden und insbesondere Arbeit wurden zunehmend durch "Kapital" ersetzt - durch Maschinen, Energie, Dünger und Pflanzenbehandlungsmittel. Dadurch konnte zwar der Ertrag - und damit das Einkommen pro Arbeitskraft - gesteigert werden. Doch dabei nahm auch die Bodenbelastung zu: Die traditionelle Kulturlandschaft wurde ausgeräumt, viel wildlebende Tiere und Pflanzen wurden verdrängt oder ausgerottet und die Böden Schadstoffen, Verdichtung und Erosion ausgesetzt.

Das Ausweichen auf neue unverbrauchte Flächen ist, zumindest in der Schweiz, heute nicht mehr möglich, denn auch der landwirtschaftlich nutzbare Boden wird langsam knapp. Seit 1950 hat sich die überbaute Fläche mehr als verdoppelt und damit haben wir in den letzten 40 Jahren soviel Boden irreversibel der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen wie alle Generationen vor uns zusammen.

Um dieser Entwicklung Einhalt zu gebieten, legt das Raumplanungsgesetz 1979 erstmals auf Bundesebene wichtige Einschränkungen fest. Kurz darauf folgten auch die ersten Bestimmungen zum qualitativen Bodenschutz im neuen Umweltschutzgesetz (USG) von 1983. Mit vorsorglichen Massnahmen zum Schutz des Bodens vor Schadstoffen aus der Luft und aus dem Umgang mit Stoffen und Abfällen wurde der zentralen Stellung des Bodens im Naturhaushalt Rechnung getragen. Die gegenwärtige Revision soll das USG zusätzlich mit Vorschriften gegen physikalische Belastungen des Bodens ergänzen, um Verdichtungen, Erosion und Bodenschwund auf ein vertretbares Ausmass zu beschränken. Damit soll ein wirksames rechtliches Instrument für einen umfassenden Bodenschutz geschaffen werden, das der Tatsache Rechnung trägt, dass Boden kaum vermehrbar ist. Wir haben gegenüber unseren Nachkommen die ethische Verpflichtung, den Boden so zu nutzen, dass darauf auch in Zukunft noch ein Leben möglich ist.

Vor 20 Jahren, also einige Jahre vor der erstmaligen rechtlichen Verankerung des Bodenschutzes, wurde die Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS) ins Leben gerufen. Ihr ursprüngliches Ziel war es, den wissenschaftlichen Kontakt unter den Bodenfachleuten zu fördern und dabei namentlich auch eine Brücke zwischen der französisch- und der deutschsprachigen Schweiz zu schlagen. Die BGS hat aber auch die Entwicklung des Bodenschutzes wesentlich geprägt und mitgetragen. Die BGS als Schnittstelle zwischen Bund, Kantonen, Fachorganisationen, Forschungsinstitutionen, Schulen, Privatunternehmungen, Grundbesitzern und Bewirtschaftern - Akteuren mit oft divergierenden Interessen - wird in Zukunft eine noch grössere Bedeutung erhalten. Die Ablösung der eindimensionalen Betrachtung des Bodens als Fläche und Produktionsstandort durch eine mehrdimensionale als komplexes Ökosystem kann nur mit einer verstärkten interdisziplinären Zusammenarbeit gewährleistet werden. Die Bodenkundliche Gesellschaft ist dabei ein wichtiges Forum.

Das BUWAL dankt der BGS für ihr bisheriges Engagement und hofft, dass sie ihre zentrale Funktion auch weiterhin erfolgreich wahrnehmen, den Dialog fördern und so zur Lösung drängender Bodenschutzprobleme beitragen kann. Wir werden sie im Rahmen unserer Möglichkeiten unterstützen.

20 Jahre Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz

Hans Sticher

Institut für Terrestrische Ökologie ETH, Grabenstrasse 3, 8952 Schlieren

Das Vorfeld

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Boden hat in der Schweiz eine lange Tradition, wenngleich der Kreis der eigentlichen Bodenkundler stets eher klein war. Über die Zeit vor 1945 hat HANS PALLMANN (1903 - 1965), Professor für *Agrikulturchemie* an der ETH Zürich von 1936 bis 1949, für die Festschrift zur 200-Jahr-Feier der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich eine schöne Abhandlung verfasst, auf die hier ausdrücklich verwiesen sei [1]. Die Zwischenkriegszeit war geprägt durch das Wirken des Kolloidchemikers GEORG WIEGNER (1883 - 1936), der als Vorgänger von PALLMANN von 1913 - 1936 den Lehrstuhl für Agrikulturchemie innehatte. Pallmann schreibt dazu:

"Durch WIEGNER und seine Schule wurden die Problemstellung der Dispersitätschemie und deren Arbeitsverfahren bewusst auf den Boden angewandt und damit eine Spezialrichtung der Bodenkunde geschaffen, die besonders fruchtbar war."

Die Periode vor 1945 war aber ebenso geprägt durch JOSIAS BRAUN-BLANQUET (1884 - 1980), der als Pionier der *Geobotanik* wegweisend die Pflanzensoziologie mit der Bodenkunde zu verflechten verstand [2]. PALLMANN und später seine Schüler BACH und RICHARD haben Generationen von Studierenden, besonders der Land- und Forstwirtschaft, in diesem Sinne erzogen [3]. 1923 entwarf HANS JENNY (1899 - 1992), der nach seiner Promotion bei WIEGNER in die USA auswanderte und an der University of Missouri als erster Schweizer auf einen Lehrstuhl für Bodenkunde berufen wurde, die erste schematische *Bodenkarte* der Schweiz, die anfangs der dreissiger Jahre von H. PALLMANN und HERMANN GESSNER (1897 - 1981) ergänzt und verfeinert wurde.

Nach dem Krieg weitete sich der Kreis aus. HANS DEUEL (1916 - 1962), Nachfolger von PALLMANN auf dem Lehrstuhl für Agrikulturchemie, scharte zahlreiche Chemiker um sich, welche sich mit dem Boden und speziell mit den Huminstoffen zu beschäftigen begannen. Geographen, Kulturtechniker und vereinzelt auch Planer wandten sich dem Studium des Bodens zu. Der steigenden Bedeutung der Bodenkunde folgend wurde 1963 an der ETH Zürich die erste Professur für *Bodenkunde* in der Schweiz geschaffen (ROMAN BACH, 1921 - 1981). 1966 folgten eine Professur für *Bodenphysik* (FELIX RICHARD, 1915 - 1984) und 1975 eine für *Bodenchemie* (HANS STICHER, * 1934). An verschiedenen Universitäten wurden Kurse in Boden-

kunde eingeführt (so in BS, BE, NE und ZH), und an der EPF Lausanne wurde schliesslich, im Zuge des Ausbaus dieser Hochschule, 1977 eine *Chaire de Pédologie* eingerichtet (MICHEL POCHON, 1937 - 1980). Die landwirtschaftlichen Forschungsanstalten bauten ihre bislang bodenanalytischen Labors zu Forschungseinheiten aus, und an der FAP in Zürich-Reckenholz wurde der *Bodenkartierungsdienst* ausgeweitet und institutionalisiert (ERWIN FREI, KARL PEYER).

Die Gründung der BGS

Die Idee, in der Schweiz eine bodenkundliche Gesellschaft zu gründen, tauchte erstmals anfangs der siebziger Jahre auf. Den eigentlichen Anstoss zur Gründung gab ein Gespräch zwischen einigen jüngeren Bodenkundlern und ERWIN FREI von der Eidg. Forschungsanstalt Reckenholz auf der Rückfahrt von einer Exkursion, in der Bahn zwischen Sion und Zürich. Da sich Dr. Frei seit längerem mit dieser Idee beschäftigt hatte und in seiner Schublade bereits fertige Statuten vorlagen, konnte der Startschuss rasch gegeben werden. Mit Datum vom 1. März 1974 wurde an 31 bodenkundliche und bodeninteressierte Institute und andere Institutionen sowie an Einzelpersonen mit bodenkundlichem Tätigkeitsfeld ein Schreiben verschickt, mit dem das Bedürfnis für eine solche Vereinigung abgeklärt werden sollte (Abb. 1).

Sehr geehrte Damen und Herren,

Die Schweiz ist eines der ganz wenigen Länder der Erde ohne eine nationale pedologische Kontaktstelle. Nun hat aber in den letzten Jahren das Interesse an der Bodenkunde auch bei uns zugenommen. Wir vermuten, die Zahl der Interessenten könnte genügend gross sein, um eine

BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ

zu gründen, die ein- bis zweimal pro Jahr an einer eintägigen Sitzung oder Exkursion über neueste Ergebnisse der schweizerischen bodenkundlichen Forschung informieren würde. Dabei soll selbstverständlich nicht die Vereinsgründung allein, sondern der Kontakt unter den Mitgliedern im Vordergrund stehen.

Mit beiliegendem Umfrageschreiben möchten wir deshalb die Situation und das Bedürfnis für die Förderung vermehrter bodenkundlicher Kontakte abklären. Dürfen wir Sie um Rücksendung des beigefügten Umfrageformulars und gegebenenfalls um weitere Anregungen bitten.

Zürich, im März 1974

sig. Dr. E. Frei sig. Dr. H. Sticher

Abb. 1: Rundschreiben vom 1. März 1974 zur Abklärung des Interesses an der Gründung einer Bodenkundlichen Gesellschaft (Abschrift)

Die Umfrage löste ein unerwartetes Echo aus. Nicht weniger als 40 Fragebogen kamen zurück. Die Initianten luden deshalb auf den 6. September 1974 zu einer ersten Zusammenkunft im Geographischen Institut der Universität Bern ein. An dieser Versammlung ging Dr. Frei nach einem kurzen geschichtlichen Exposé über die schweizerische Bodenkunde und deren internationale Verflechtungen detailliert auf die aktuelle Situation der Bodenkunde in der Schweiz ein. Er führte dazu u.a. aus:

"Erfreulicherweise hat das Interesse an der Bodenkunde in der Schweiz in den letzten zwei Jahrzehnten zugenommen. Die Bedeutung des Bodens als Pedon, Landfläche, hochinteressantes Naturobjekt und Grundlage der Nahrungsproduktion für die Weltbevölkerung wurde aufs Neue allgemein erkannt, und zwar nicht nur von Agronomen und Förstern, sondern auch von Geographen, Geologen, Botanikern, Zoologen, Kulturingenieuren und Planern."

Nach einem Überblick über die verschiedenen Bereiche der Bodenkunde gab er Dr. L.-F. BONNARD das Wort, der sich zu möglichen Aktivitäten einer Schweizerischen Bodenkundlichen Gesellschaft äusserte. Um den wissenschaftlichen und multidisziplinären Charakter einer solchen Gesellschaft zu betonen, wurde die Sitzung durch einen fachlichen Teil ergänzt, an welchen unter dem Vorsitz von H. STICHER Arbeiten aus den Bereichen *Bodenphysik* (P. GERMANN), *Pflanzenernährung* (C. GYSI), *Bodenkartierung* (U. VÖKT) und *Bodenmineralogie* (M. POCHON) präsentiert wurden.

Nach diesem hoffnungsvollen Auftakt wurde auf den 14. März 1975 zur eigentlichen Gründungsversammlung an die Landw. Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz eingeladen. Im Anschluss an einen wissenschaftlichen Teil, in welchem J.-A. NEYROUD (*Huminstoffchemie*), H. STICHER (*Serpentinitböden*), P. FITZE (*Moränendatierung*), M. POCHON (*Böden des Jura*) und H. HÄNI (*Fluor in Böden*) sprachen, wurde die Gesellschaft in Anwesenheit von 27 Personen nach Verabschiedung der Statuten unter dem Namen *Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz* (BGS) / *Société Suisse de Pédologie* (SSP) ins Leben gerufen. Gemäss § 3 der Statuten

"fördert die Gesellschaft den Kontakt zwischen Bodenkundlern (Pedologen) der Schweiz; sie erleichtert interdisziplinäre Beziehungen mit bodenkundlich interessierten Personen und vermittelt Informationen über aktuelle Forschungsrichtungen, abgeschlossene und laufende Forschungsarbeiten ihrer Mitglieder. Nach Bedarf kann sie weitere Aktivitäten entfalten."

In den ersten Vorstand wurden gewählt:

E. FREI	als <i>Präsident</i>	L.-F. BONNARD	als <i>Sekretär</i>
H. STICHER	als <i>Vize-Präsident</i>	A. KAUFMANN	als <i>Kassier</i>
M. POCHON	als <i>Beisitzer</i>		

Die erste Mitgliederliste von Februar 1976 umfasste bereits 57 Einzel- und 4 Kollektivmitglieder. Im Juni 1977 war die Zahl auf 88 Einzel- sowie 6 Kollektivmitglieder angewachsen. Ausserdem wurden 5 studentische Mitglieder registriert. 66 insgesamt hatten sich zusätzlich für die Mitgliedschaft bei der *Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft* beworben (s. unten). Heute (1995) beträgt der Mitgliederbestand 368 Personen.

Aktivitäten

Nach den erfolgreichen Probeveranstaltungen der Gründungsjahre wurde ab 1976 jährlich, meistens im März, eine ein- oder zweitägige *Jahresversammlung* mit wissenschaftlichem und administrativem Teil durchgeführt (Tab. 1). Während zunächst freie Themen zum Zuge kamen, wurden mit der Zeit periodisch Schwerpunktthemen ausgeschrieben, neben denen jedoch nach wie vor freie Themen zugelassen waren. In

den letzten Jahren wurde verschiedentlich vorgängig der Indoor-Veranstaltungen eine kurze Exkursion, bzw. Fachbesichtigung angeboten. Seit 1977 werden die Texte der Vorträge und Poster im BULLETIN der BGS veröffentlicht ([4], s. unten).

Tab. 1: Jahrestagungen der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz, 1974 - 1995

Jahr	Datum	Ort	Schwerpunktthema (Bemerkungen)
1974	6. Sept.	Uni Bern	(Konsultativ-Versammlung)
1975	14. März	FAP Reckenholz (ZH)	(Gründungsversammlung)
1976	12. März	Uni Neuchâtel	
1977	4. März	HTL Zollikofen	
1978	10. März	ETH Zürich	
1979	9. März	RAC Changins (Nyon)	
1980	7. März	Uni Bern	
1981	6. März	ETH Zürich	
1982	12. März	Uni Basel	
1983	11. März	EPF Lausanne	Bodenschutz und Schweiz. Umweltschutzrecht
1984	9. März	FAW Wädenswil	Klassifikation und Nomenklatur
1985	7./8. März	Uni Bern	Boden - bedrohte Lebensgrundlage (Jubiläumsveranstaltung «10 Jahre BGS»)
1986	7. März	Lullier (GE)	
1987	6. März	Sissach (BL)	
1988	25./26. Feb.	Uitikon (ZH)	(Forschungsgruppen und Institutionen)
1989	2./3. März	HTL Zollikofen	
1990	14./15. März	Uni Neuchâtel	Die Bodenfruchtbarkeit und deren Beeinflussung durch den Menschen (Gemeinsame Tagung mit der Schweiz. Gesellschaft für Phytomedizin)
1991	1./2. März	Sursee (LU)	Bodenversauerung; Immissionsbelastung von Waldböden
1992	19./20. März	Biel/Bienne	Erosionsbekämpfung in schweiz. Ackerbau
1993	17./18. März	Zug	Stickstoffkreislauf
1994	24./25. März	Biberist (SO)	Bodenleben
1995	16./17. März	Uni Bern	Physikalischer Bodenschutz (Jubiläumsveranstaltung «20 Jahre BGS»)

1980 wurde die BGS als *Fachgesellschaft der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* (SNB, heute: Schweiz. Akademie der Naturwissenschaften, SANW) anerkannt. Seither beteiligt sich die BGS periodisch an deren Herbsttagungen und bietet in diesem Rahmen Symposien zu aktuellen Schwerpunktthemen an. Das erste solche Symposium fand im Oktober 1982 in Basel statt und befasste sich mit den *Gefährdeten Organischen Böden der Schweiz*. Weitere Symposien folgten in Biel, Verbier und Aarau (Vgl. DOKUMENTE der BGS Nr. 3, 5 und 6).

Schon im Gründungsjahr wurde eine erste Fachexkursion durchgeführt. In den folgenden Jahren entwickelten sich die *Herbstexkursionen* (Tab. 2) zu einem nicht mehr

wegzudenkenden gesellschaftlichen Ereignis, bei dem sich nicht allein die Chance bot, die Schweiz und das benachbarte Ausland nahezu flächendeckend pedologisch zu erkunden und unter Anleitung versierter Feldbodenkundler zu studieren; die Exkursionen boten darüber hinaus, mehr noch als die wissenschaftlichen Tagungen, die Möglichkeit, sich gegenseitig kennenzulernen und zu informieren.

Tab. 2: Exkursionen der BGS 1976 - 1995

Jahr	Datum	Region / Thema (<i>Bemerkungen</i>)
1975	29. Aug.	Flawil und St. Galler Rheintal
1976	20./21. Aug.	Domleschg, Susch, Müntertal / Phäoseme
1977	26./27. Aug.	Zugerberg und Einsiedeln / Nassböden
1978	1./2. Sept.	Magadinoebene, Gambarogno, Cima Pianca, Curio, Caslano (TI)
1979	31.8./1.9.	Haut-Jura: Le Brassus, Mt. Tendre / Kalkböden
1980	12./13. Sept.	Vosges, Plaine Lorraine (F) / Ranker-Braunerde-Podsol-Serie
1981	28./29. Aug.	Oberengadin und Davos / Alpine und subalpine Böden
1982	27./28. Aug.	Walliser Rhonetal / Bewässerung, Fluorbelastung, Versalzung
1983	26./27. Aug.	Canton de Vaud / Sols bruns, Rendzines
	14./21. Sept.	Mühlviertel und Burgenland (A) (<i>Ausserplanmässige Exkursion auf Einladung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, ÖBG</i>)
1984	31.8./1.9.	Ouest de la Suisse
1985	30./31. Aug.	Elsass (F) und Solothurner Jura
1986	12. Sept.	Zürcher Oberland
1987	4. Sept.	Lägern, Regensdorf / Waldschadensforschung
1988	2./3. Sept.	Vorarlberg (A) und Alpthal (<i>Gemeinsame Exkursion mit der ÖBG</i>)
1989	1./2. Sept.	Meiringen, Grimsel (<i>Besichtigung des Felslabors der NAGRA</i>)
1990	7./8. Sept.	Champex (VS) et Chamonix (F) / Alpine Böden auf Kalk und Silikat
1991	30./31. Aug.	Tessin / Alluvialböden
1992	4./5. Sept.	Jura franco-suisse
1995	27./28. Aug.	Südschwarzwald und Kaiserstuhl (D)
1994	26./27. Aug.	Thurgau und Allgäu (D)
1995	22./23. Sept.	Jura (NE, JU)

Dem Zweck der gegenseitigen Information diene auch ein *Stammtisch*, der in Zürich Mitte der achtziger Jahre eingerichtet wurde. Leider schief diese Idee nach einem anfänglich beachtlichen Zuspruch nach einiger Zeit mangels Interesse wieder ein.

Arbeitsgruppen

Mit dem Anstieg der Mitgliederzahl wurde es zusehends schwieriger, aktuelle Fragen und Probleme im Plenum zu diskutieren und dazu Stellung zu nehmen. Deshalb wurden verschiedene Arbeitsgruppen eingesetzt, die sich der Probleme in einem kleinen Kreis von Experten annehmen und zuhanden der Generalversammlung Vorschläge ausarbeiten sollten (Tab. 3). Die Aufgaben der Arbeitsgruppen umfassten neben klar

definierten Zielsetzungen (z.B. Körnungsdiagramm, Horizontsymbole, Klassifikationschlüssel) auch fachspezifische Bereiche mit allgemein formuliertem Auftrag (z.B. Organische Substanz, Bodenzoologie, Bodenschutz).

Tab. 3: Arbeitsgruppen der BGS

Jahr*	Name der Arbeitsgruppe	Vorsitzende**
1978	Klassifikation und Nomenklatur	E. Frei (1978-1980) P. Lüscher (1980-1987) M. Müller (1987-1988) J. Presler (1988-1993) P. Fitze (1993-)
1978	Körnung (ab 1984: K. und Gefüge)	Ph. Rod (1978-1984) A. Siegenthaler (1984-1987) E. Kramer (1987-1989) J.-A. Neyroud (1989-1994) P. Weisskopf (1994-)
1978	Lysimeter	P. Germann (1978-1981) F. Jäggli (1981-1984) A. Blum (1984-1985) J.P. Ryser (1985-1989) W. Stauffer (1989-1990) P.-F. Lavanchy (1990-1992) J. Nievergelt (1992-1994) H. Wegmüller (1994-)
1978-1986	Organische Substanz	J.-A. Neyroud (1978-1983) Ch. Gysi (1983-1986)
1979-1995	Bodenzoologie	W. Matthey (1979-1995)
1981	Bodenschutz (ab 1994: B. und Werthaltung)	E.W. Alther (1981-1985) H. Bieri (1985-1989) Ch. Salm (1989-1994) U. Vökt (1994-)
1984-1986	Ausbildung und Information	H. Flühler (1984-1985) R. Bono (1986)
1985-1986	Boden-Pflanze-Beziehungen	J.J. Oertli (1985-1986)
1993	Bodenerosion/Bodenkonservierung	D. Schaub (1993-)

* Die Jahreszahlen beziehen sich auf die erstmalige, bzw. letztmalige Erwähnung im BULLETIN

** Die erste Jahreszahl bezieht sich auf die erstmalige Erwähnung im BULLETIN, die zweite auf das Jahr der Ablösung

Publikationen

Anlässlich der konsultativen Sitzung vom 6. September 1974 wurde der Vorschlag unterbreitet, ein (wissenschaftliches) *Publikationsorgan* zu schaffen, in welchem die Tätigkeit der Gesellschaftsmitglieder sichtbar werden sollte. Auf die Herausgabe einer eigentlichen wissenschaftlichen Zeitschrift wurde verzichtet (wohlweislich, wenn man sich heute aus der Rückblende der vielen nationalen Journale erinnert, welche inzwischen das Zeitliche gesegnet haben). Dafür wurde in Anlehnung an die *Mit-*

teilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft ein BULLETIN geschaffen, in dem die Referate der Jahresversammlungen allen Mitgliedern und einem weiteren Leserkreis zugänglich gemacht werden sollten [4]. Als erstes wurden die Vortragstexte anlässlich der Jahresversammlung 1977 in Zollikofen gedruckt. Als Schriftleiter konnte H. STICHER gewonnen werden, der dieses Amt während 10 Jahren ausübte, bis er 1987 in MORITZ MÜLLER einen Nachfolger fand. Im BULLETIN fanden neben den Referenten auch die verschiedenen, mit der Zeit eingesetzten Arbeitsgruppen ein Forum, in dem sie ihre Arbeitsberichte publik machen konnten.

In Ergänzung zum BULLETIN wurden zur Veröffentlichung grösserer Berichte die DOKUMENTE der BGS geschaffen [5]. Die bisherige Reihe umfasst folgende Hefte:

- | | | |
|---|---|------|
| 1 | Kiesabbau und Landwirtschaft (AG Bodenschutz, Dr. E.W. Alther) | 1984 |
| | Exploitation du Gravier et Agriculture (GT Protection du Sol) | 1984 |
| 2 | Beurteilung und Schutz der Böden (AG Bodenschutz) | 1985 |
| | Estimation et Protection des Sols (GT Protection du Sol) | 1985 |
| 3 | Bodenschädigung durch den Menschen (SNG-Symposium, Biel 1985) | 1986 |
| 4 | Lysimeterdaten von Schweizerischen Messstationen (AG Lysimeter) | 1989 |
| 5 | Aktuelle Bodenforschung in der Schweiz I (SANW-Symposium, Verbier 1993) | 1994 |
| 6 | Aktuelle Bodenforschung in der Schweiz II (SANW-Symposium, Aarau 1994) | 1995 |

Nachwuchsförderung

Auf Anregung von ALFRED KAUFMANN, Dozent für Bodenkunde an der Ingenieur-
schule für Landwirtschaft in Zollikofen und Kassier der BGS, wurde 1984 ein Fond
zur Nachwuchsförderung eingerichtet. Gemäss dem Reglement, das von der General-
versammlung vom 9. März 1984 in Wädenswil genehmigt wurde, bezweckt der Fond

"die Weckung und Förderung des Interesses an fachlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Bodenkunde bei Studierenden auf der Stufe Hochschule und Höhere Technische Lehranstalten. Dazu führt die BGS jährlich eine *Beurteilung* und *Prämierung* von bodenkundlichen *Erst*-
arbeiten durch. In Frage kommen Diplomarbeiten und grössere Semestrarbeiten, aber keine
Dissertationen".

Internationale Beziehungen

Unmittelbar nach der konsultativen Sitzung vom 6. September 1974 in Bern meldete
E. Frei die Absicht, in der Schweiz eine nationale bodenkundliche Gesellschaft zu
gründen, an das Generalsekretariat der *Internationalen Bodenkundlichen Gesell-*
schaft (ISSS) nach Amsterdam und bestätigte die Gründung mit einem Schreiben vom
17. März 1975 an den seit 1974 amtierenden Generalsekretär R. DUDAL bei der FAO
in Rom. Dudal antwortete umgehend (am 10. April) und schrieb:

"Ich möchte Ihnen herzlich zur Gründung der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz
(BGS) und zu Ihrer Ernennung zu deren 1. Präsidenten gratulieren. Ich begrüsse den
Wunsch der BGS, sich mit der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft zu assozii-
ren. Eine Mitteilung über die Gründung Ihrer Gesellschaft wird in der nächsten Ausgabe un-
seres Bulletins erscheinen."

Die Assoziierung trug bald Früchte. Als 1986 in Hamburg der XIII. Kongress der ISSS stattfand, wurde die BGS zusammen mit der *Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft* beauftragt, eine 10-tägige Exkursion durch das Alpengebiet (die sog. *Alpentransversale*) zu organisieren. Zahlreiche Mitglieder der BGS stellten sich für diese ehrenvolle Aufgabe zur Verfügung und ernteten für die vorzügliche Organisation und Präsentation reiche Anerkennung. Der schweizerische Teil der Exkursion führte vom Jura (Weissenstein) über das Mittelland (Orbe) und die Voralpen (Schwarzenberg) nach Klosters/Davos und schliesslich ins Engadin (Muottas Muragl).

Mit der Wahl von PETER LÜSCHER zum *Treasurer der ISSS* (1993) wurde der BGS und vor allem natürlich ihm selbst eine weitere Anerkennung zuteil. Das treffliche Umfeld von P. Lüscher hat den Vorstand der ISSS bereits mehrmals veranlasst, seine Sitzungen in Birmensdorf abzuhalten.

Neben den Verbindungen zur ISSS wurden schon früh auch Kontakte zu den benachbarten nationalen Gesellschaften von Deutschland, Frankreich und Österreich angeknüpft. 1979 führte eine Exkursion der *Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* anlässlich ihrer Jahrestagung in Freiburg/Br. auf den Zugerberg. Die Jahresexkursionen der BGS überschritten ab 1980 verschiedentlich die Grenzen nach Osten, Norden und Westen, wo Mitglieder der jeweiligen Partnergesellschaften durch die Präsentation interessanter neuer Aspekte unseren bodenkundlichen Horizont erweiterten.

Höhen und Tiefen

1985 konnte die BGS das Jubiläum ihres 10-jährigen Bestehens feiern. Zu diesem Anlass wurde eine Wanderausstellung mit dem Titel *BODEN - bedrohte Lebensgrundlage / SOL - bien vital menacé* konzipiert und an der Jubiläumstagung vom 8. März 1985 an der Universität Bern der Öffentlichkeit vorgestellt. Besondere Ehre wurde der BGS zuteil durch die Präsenz des damaligen Bundespräsidenten, Herrn Bundesrat Dr. KURT FURGLER, der das Patronat über die Ausstellung übernommen hatte und für das Begleitheft das Geleitwort schrieb [6].

Ein schwerer Schlag ereilte die BGS 1980, als am 27. Mai der allseits geschätzte Präsident der Gesellschaft, Prof. MICHEL POCHON (EPF Lausanne) bei einem Helikopterabsturz im Gebiet des Vanil Noir tödlich verunglückte. Welche Hoffnungen Michel Pochon geweckt hatte, und was wir mit diesem Unglücksfall verloren haben, drückt die Todesanzeige aus, welche vom Präsidenten der EPFL, Prof. B. Vittoz, verfasst wurde:

"Par ses compétences, son dynamisme et son enthousiasme communicatif, le Professeur Michel Pochon a contribué d'une façon déterminante au développement de l'enseignement et de la recherche dans le domaine des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Le Laboratoire qu'il a créé en 1977 a connu très rapidement une notoriété internationale."

Ausblick

Die BGS ist 20 Jahre alt geworden. Die Gründungsmitglieder sind inzwischen an Jahren ergraut, doch erfreulicherweise drängt der Nachwuchs nach. Wenn die Gesellschaft heute blüht und anerkannt ist, so ist dies allen Kolleginnen und Kollegen zu verdanken, die sich in den vergangenen 20 Jahren für den Vorstand, für die Organisation einer Tagung, für die Vorbereitung und Leitung einer Exkursion oder für die Mitarbeit in einer Arbeitsgruppe zur Verfügung gestellt haben.

Die Beschäftigung mit dem Boden als unserer natürlichen Lebensgrundlage ist heute, angesichts der bedrohlichen Bodenverluste und Bodenschädigungen aktueller denn je. Die BGS liegt im Trend; die Arbeit wird auch in den nächsten 20 Jahren nicht ausgehen.

Literatur

- [1] *H. Pallmann* (1946): Die Entwicklung der Bodenkunde in Zürich. Festschrift zur 200-Jahr-Feier der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Vierteljahresschr. Natf. Ges. Zürich, Beihefte 1-4 zu Band 91, S. 294-302.
- [2] *J. Braun-Blanquet* (1964): Pflanzensoziologie, 3. Auflage, Springer-Verlag, Wien.
- [3] *H. Pallmann, F. Richard, R. Bach* (1948): Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie. Sammelband des «10ième Congrès Zürich 1948» des Internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten.
- [4] BULLETIN der BGS (1977-). Hefte 1ff. Juris-Verlag, Zürich.
- [5] DOKUMENTE der BGS (1982-), Hefte 1ff., Juris-Verlag, Zürich.
- [6] *M. Müller (ed.)* (1985): BODEN - bedrohte Lebensgrundlage / SOL - bien vital menacé. Verlag Sauerländer Aarau-Frankfurt/M.-Salzburg.

Dank

Für wertvolle Hinweise und die Überlassung von Unterlagen danke ich den folgenden Kollegen herzlich: E. Frei (Zürich), L.-F. Bonnard (Zürich-Reckenholz), A. Kaufmann (Jegenstorf), P. Lüscher (Birmensdorf).

Präsidenten von 1975 bis 1995:

1975 - 1977	Prof. ERWIN FREI, Zürich
1977 - 1979	Prof. HANS STICHER, Zürich
1979 - 1980	Prof. MICHEL POCHON, Lausanne († 27. Mai 1980)
1980 - 1981	Prof. HANS STICHER, Zürich
1981 - 1983	Prof. HANNES FLÜHLER, Zürich
1983 - 1985	Dr. JEAN-AUGUSTE NEYROUD, Nyon
1985 - 1987	Prof. THOMAS MOSIMANN, Basel/Hannover
1987 - 1989	Dr. PETER LÜSCHER, Birmensdorf
1989 - 1992	Dr. HEINZ HÄNI, Liebefeld/Bern
1992 - 1994	Dipl. Ing. EVELYNE MARANDAZ, Lausanne
1994 - 1996	Prof. PETER GERMANN, Bern

Sekretariat:

1975 - 1995	Dr. LUC-FRANÇOIS BONNARD, Zürich-Reckenholz
-------------	---

Kasse:

1975 - 1995	Dipl. Ing. ALFRED KAUFMANN, Zollikofen
-------------	--

Redaktion:

1977 - 1986	Prof. HANS STICHER, Zürich
1986 -	Dr. MORITZ MÜLLER, Zollikofen

Ehrenmitglieder:

1980	Prof. ERWIN FREI, Zürich
1985	Dr. ERNST W. ALTHER, St. Gallen
1995	Dipl. Ing. ALFRED KAUFMANN, Jegenstorf
1995	Dr. LUC-FRANÇOIS BONNARD, Zürich-Reckenholz

**Jubiläumsveranstaltung vom 16. März 1995
und
Wissenschaftliche Tagung vom 17. März 1995 zum Thema
"Physikalischer Bodenschutz"
Texte zu den Referaten und Postern**

Böden als Kompartimente von Waldökosystemen

BERND HUWE

Abteilung Bodenphysik, Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth

Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung
Universität Bayreuth, D-95440 Bayreuth

1 Böden in Ökosystemen

Böden sind integrale Bestandteile terrestrischer Ökosysteme. Hierbei ist der zentrale Begriff des Ökosystems bisher noch keineswegs klar gefaßt. Nimmt man jedoch einen pragmatischen Standpunkt ein, so können eine Reihe von Eigenschaften notiert werden, die zwar keine umfassende Definition erlauben, die aber für viele Ökosysteme charakteristisch sind: Ökosysteme sind biotische Objekte mit interner Struktur. Diese äußert sich in

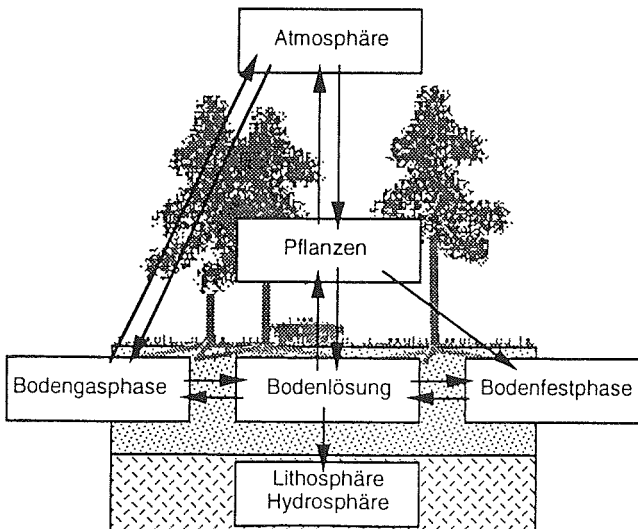


Abb. 1: Kompartimente eines Ökosystems (schematisch) und deren mögliche Wechselwirkungen (BITÖK, 1993)

charakteristischen Stoff-, Energie- und Informationsflüssen, sowie in der Existenz von Subsystemen, die ebenfalls ökosystemar strukturiert sein können. Sie sind in eine, biotische und abiotische, Umgebung eingebettet, mit der sie ebenfalls Stoffe, Energie und Informationen austauschen. Bezüglich dieser Umgebung sind Ökosysteme offene Systeme, die sich ferner durch relative Konstanz, Kontinuität, Evolution und Regulation auszeichnen. Ob eine endgültige Definition von Ökosystemen überhaupt möglich und sinnvoll ist oder ob diese stets im jeweiligen Kontext durch Konvention zu erfolgen hat, sei an dieser Stelle dahingestellt.

Wodurch sind Böden in Ökosystemen charakterisiert? Böden sind eingebunden in Ökosysteme. Sie können somit nicht unabhängig vom einbettenden System verstanden werden. Sie sind funktionelle Kompartimente von (terrestrischen) Ökosystemen und als solche für das Gesamtsystem von fundamentaler Bedeutung (Abb. 1). Sie sind gleichzeitig Subsysteme mit eigener Organisation, so daß hier durchaus die Frage gestellt werden könnte, inwieweit Böden selbst ökosystemaren Charakter tragen.

Tabelle 1: Vergleich von Böden in Wald- und Agrarökosystemen

	Waldstandorte	Ackerstandorte
Standorte	<ul style="list-style-type: none"> • ungünstigere Lagen • weniger fruchtbare Standorte 	<ul style="list-style-type: none"> • günstige Lagen • bessere Böden
Profileigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • häufig Auflagen • keine anthropogene Durchmischung im Ah • oft hoher Steingehalt • oft flachgründig • eher kleinräumig heterogen 	<ul style="list-style-type: none"> • keine Auflagehorizonte • scharf abgesetzter Ap • Homogenisierung durch Bodenbearbeitung im Ap • eher tiefgründig
Vegetationsstruktur	<ul style="list-style-type: none"> • größere Artenvielfalt • mehrere Vegetationsschichten • räumlich heterogen • hierarchisches Wurzelsystem • Grobwurzeln • zeitlich kontinuierliche Entwicklung über längere Zeiträume 	<ul style="list-style-type: none"> • meist nur eine Kulturart • Beikräuter werden unterdrückt • räumlich homogen • homogenes Wurzelsystem • kaum Grobwurzeln • hohe Dynamik, häufige Fruchtwechsel
Stoffdynamik	<ul style="list-style-type: none"> • geringere Dynamik • hauptsächlich geprägt durch Witterung 	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Dynamik, oft mit großen Amplituden • geprägt durch Witterung und Agrarmanagement (Bodenbearbeitung, Saat, Pflegemaßnahmen, Düngung, Ernte)
Flächige Struktur	<ul style="list-style-type: none"> • gleitende Übergänge • Altersklassen 	<ul style="list-style-type: none"> • Parzellenstruktur • scharfe Parzellengrenzen • drastische Änderungen der Stoffdynamik an Parzellengrenzen

2 Böden in Agrar- und Waldökosystemen

Die Besonderheit von Böden in Waldökosystemen wird besonders deutlich, wenn man sie zum Beispiel mit agrarischen Systemen vergleicht (Tab. 1). Unterschiede bestehen hier im Hinblick auf die eingenommenen Standorte (z.B. Relief, Geologie), kleinräumige Heterogenität, Stoffdynamik, Verhalten bei Skalenwechseln, Vegetationsstruktur, Vegetationsdynamik, Artenspektrum und Bewirtschaftung (Düngung, Ernte, Pflegemaßnahmen).

Charakteristisch für alle ackerbaulich genutzten Böden ist der Pflughorizont, der durch eine scharfe Grenze vom Unterboden abgesetzt ist. Dieser ist in der Regel vertikal gut durchmischt, wodurch relativ homogene Bedingungen geschaffen werden. Weiterhin verbleiben nach der Ernte meist gut zersetzbare Feinwurzeln im Boden, so daß in ackerbaulich genutzten Böden Grobwurzelsysteme eher die Ausnahme bilden. Demgegenüber sind in Waldböden oft Auflagehorizonte zu erkennen und die Abgrenzung des Oberbodens zum Unterboden ist oft unscharf. Insgesamt sind Waldböden eher durch eine größere kleinräumige Heterogenität gekennzeichnet, zu der hohe Steingehalte sowie ausgeprägten Grobwurzelsysteme oft in erheblichem Umfang beitragen.

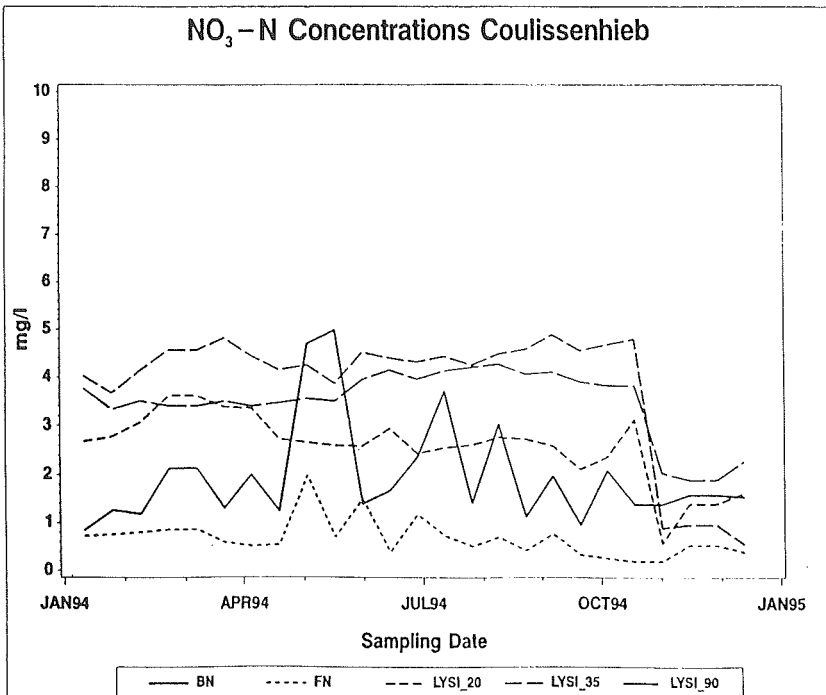


Abb. 2: Nitratkonzentrationen im Freilandniederschlag (FN), Bestandesniederschlag (BN) sowie in der Bodenlösung eines Waldbodens in 20 cm, 35 cm und 90 cm Bodentiefe (Großer Waldstein, Fichtelgebirge, Daten nach Manderscheid, pers. Mitteilg.)

Als Folge unterschiedlicher Bewirtschaftung unterscheiden sich Wald- und Ackerböden in der Regel auch in (Nähr-) Stoffhaushalt und -dynamik drastisch. Je nach Management wirken sich in landwirtschaftlich genutzten Systemen Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Dünge- und Pflegemaßnahmen sowie die Ernte unterschiedlich, aber signifikant auf die Stoffdynamik aus. Ackerböden sind daher oft durch eine stark ausgeprägte jahreszeitliche Dynamik, verbunden mit großen Vorratsänderungen an Pflanzennährstoffen, charakterisiert, wohingegen Waldböden einen ausgeglicheneren Verlauf zeigen (Abb. 2).

Sehr charakteristisch für Agrar-, im Unterschied zu Waldlandschaften sind auf dem Skalenniveau eines Einzugsgebiets auch die scharfen Grenzen an Feldrändern, das Flicker- und Streifenmuster als Folge der Feldeinteilung sowie das Auftreten von „hot spots“, d.h. einzelnen, isolierten Felder mit bewirtschaftungsbedingten hohen Stoffausträgen.

3 Ökosystemare Forschungsthemen im Hinblick auf Waldböden

Im Rahmen der Ökosystemforschung sind bodenspezifische Fragestellungen grundsätzlich eingebettet in das umfassendere ökosystemare Gesamtkonzept, d. h. der Quantifizierung von Flüssen (Energie, Stoffe, Informationen), der Analyse und Prognose von Teilprozessen, Struktur- und Systemanalysen, sowie der Systembewertung und der Erstellung von Prognosen. Im Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung werden zur Zeit, ausgehend von diesen allgemeineren Zielen, folgende konkreteren Fragestellungen bearbeitet (BITÖK, 1993):

- Welche Folgen haben nachlassende Schwefeleinträge?
- Wie sind die Auswirkungen langfristig erhöhter N-Depositionen?
- Wie beeinflussen zu erwartende Klimaänderungen die Stoffflüsse im System?
- Welche Auswirkungen haben walddispezifische Strukturelemente auf die Stoffdynamik?
- Welche Folgen hat die räumliche Variabilität auf unterschiedlichen Skalenniveaus für ökosystemar bedeutsame Prozesse?
- Läßt sich das Systemverhalten auf der Basis der Einzelprozesse verstehen, bewerten und prognostizieren?

Vor allem der letzte Punkt macht deutlich, daß bei der Integration der Teilprozesse der Modellbildung eine wichtige Rolle zukommt. Da die meisten ökologisch bedeutsamen Prozesse eine hohe räumliche Variabilität aufweisen, die darüberhinaus auf verschiedenen Skalenniveaus jeweils unterschiedlich ausgeprägt sein kann, rückt der Aspekt der räumlichen (und zeitlichen) Variabilität auch aus der Sicht der Modellierung zunehmend in den Blickpunkt des Interesses.

4 Prozesse in Böden: Prozesse auf verschiedenen Skalen

Die Skalenniveaus, die in der Ökosystemforschung von Bedeutung sind reichen von der Ebene der Primärpartikel über Pedons und einzelne Schläge bis hin zu Einzugsgebieten und Landschaften.

In der Konsequenz werden in BITÖK Forschungsaktivitäten sowohl auf der Mikro-, als auch auf der Meso- und Makroskala durchgeführt. Die Makroskala ist hierbei nach oben auf Einzugsgebietsebene begrenzt. Auch hier haben Modelle eine integrierende Funktion. Die Faktoren die auf verschiedenen Skalen hinsichtlich der Variabilität eine Rolle

spielen, sind außerordentlich vielfältig. Einen Überblick hierzu gibt Tabelle 2 (die Einteilung der Skalenniveaus in Mikro-, Meso- und Makroskala wird allerdings nicht durchgehend einheitlich gehandhabt, sondern unterscheidet sich zum Beispiel zwischen verschiedenen Disziplinen sehr stark (Huwe und Totsche, 1994); so entspricht zum Beispiel die Mikroskala der Klimatologie bereits der Makroskala in der Bodenkunde):

Tabelle 2: Auswirkungen der räumlichen Variabilität auf verschiedenen Skalenniveaus auf Bodenprozesse

	Faktoren	Prozesse
Mikroskala	<ul style="list-style-type: none"> • Form und Lagerung von Primärpartikeln • Aggregation • Tortuosität, Kontinuität, Vernetzungsgrad des Porensystems • Risse, Röhren 	<ul style="list-style-type: none"> • Hysterese • Auftrennung in unterschiedliche Fließregionen • physikalisches Nichtgleichgewicht
Mesoskala	<ul style="list-style-type: none"> • Vegetationsstruktur • Kleinrelief • kleinräumige Wechsel des Profilaufbaus • kleinräumige Fluktuationen der Transportparameter 	<ul style="list-style-type: none"> • inhomogene Infiltration • Ausbildung bevorzugter Fließwege • Ausbildung komplizierter (stochastischer) Feuchte- und Reaktionsmuster
Makroskala	<ul style="list-style-type: none"> • Wechsel im geologischen Untergrund • Wechsel in Exposition und Inklination (Relief) • Wechsel der forstlichen Bewirtschaftung • Altersklassenverteilung 	<ul style="list-style-type: none"> • mittlere Belastung von Grundwasser, Oberflächengewässern und Atmosphäre • Mittelungs- und Glättungsprozesse

Angesichts der enormen Skalenspanne stellt sich hier natürlich die Frage, inwieweit hinsichtlich der Variabilität sensible Prozesse bei Skalenwechseln als Folge von Mittelungsprozessen vernachlässigt werden können. Grundsätzlich kann auch die zeitliche Variabilität nicht von der Frage der räumlichen Variabilität abgetrennt werden. Dies gilt insbesondere bei der Frage nach Mittelungs- und Glättungsprozessen auf höheren Skalenniveaus.

Bedeutende **Faktoren der Heterogenität auf der Mikroskala** sind Verteilung und Anordnung der Primärpartikel, Aggregation, sowie die Herausbildung von Rissen und Röhren. Wie Untersuchungen zur mikroskaligen Variabilität chemischer Bodenparameter mit Methoden der Mikrosymetrie und Mikrotensiometrie von Göttlein (1994) zeigten, kann diese in Böden deutliche Auswirkungen auf das Transportgeschehen und die Stoffdynamik in Böden nach sich ziehen. Allerdings sind die Ursachen der Heterogenität nicht immer eindeutig identifizierbar. Die beobachteten Verteilungen sind unregelmäßig und zeigen keine Beziehung zu Horizontgrenzen.

Auf der **Skalenebene eines einzelnen Bestandes** finden wir andere Variabilitätsursachen vor. Hier spielen vor allem Niederschlagsverteilung, Bestandesstruktur, Bestan-

desstruktur, Stammablauf, Kleinrelief, Fahrspuren, und die hierarchisch organisierte Wurzelverteilung eine Rolle. Neben der mesoskaligen Variabilität von Boden- und Witterungsparametern kommt hier somit der Struktur der Vegetation eine besondere Rolle zu.

In BITÖK durchgeführte Untersuchungen zur Abhängigkeit von Stickstoff- und Sulfatkonzentrationen in der Kronentraufe, sowie von Bodengehalten vom Stammabstand ergaben nur einen schwachen systematischen Trend, der von einer stark ausgeprägten, unsystematischen Variation überlagert wurde. Geht man jedoch zur Betrachtung der Flüsse über, so ist zwar in Bezug auf Stickstoffflüsse ebenfalls keine Beziehung zwischen lokalen Einträgen und Flüssen erkennbar. Betrachtet man hingegen die Sulfatflüsse, so ergeben sich deutliche Beziehungen (Manderscheid und Matzner, 1995; Matzner et al., 1995). Die Ursachen für die fehlenden Korrelationen bei den Stickstoffflüssen sind bisher noch ungeklärt. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß Die räumliche Variabilität vieler Meßgrößen auf der Mikroskala oft in der gleichen Größenordnung liegt wie auf der Skalenebene eines Bestandes.

Geht man auf das **Skalenniveau von Einzugsgebieten** über, so spielen Faktoren wie Landschaftsrelief, Geologie, Vegetationsformen, Altersklassen und Bewirtschaftung eine herausragende Rolle. Grundsätzlich spielt natürlich auch für den Stoffhaushalt von Waldböden die Bewirtschaftung eine wichtige Rolle spielt, was sich zum Beispiel in unterschiedlichen Altersklassen äußert. Die Folge ist dann für jeden Bestand eine vergleichsweise einheitliche Vegetationsstruktur, die nicht mehr den natürlichen Bedingungen entspricht. Konsequenzen für Bodenprozesse ergeben sich aus der verringerten Variabilität der Randflüsse (Wasser, Wärme, nasse und trockene Deposition) in das Kompartiment Boden sowie aus der Interaktion mit der Vegetation im Boden (Wurzelverteilung, Entzüge, ...).

Eine große Bedeutung kommt auf dieser Skala natürlich dem Relief zu. Dieses modifiziert lokale Ein- und Austräge durch laterale Flüsse (Interflow, Oberflächenabfluß) Strahlungsbedingungen und hierüber mikrobielle Umsätze im Boden sowie Verankerungsmöglichkeiten der Vegetation. Als brauchbarer Reliefparameter hat sich hierbei der ATB-Index (Einzugsfläche/tan(Hangneigung)) erwiesen. Er erlaubt z.B. die Nachdifferenzierung von Bodenkarten. Der tatsächlichen Variabilität des Bodenmusters im Gelände wird hierdurch eher Rechnung getragen als mit der, durch den Kartierer erstellte und geglätteten Karte (Tenhunen et al., 1995). Sie hat sich darüber hinaus in etlichen Fällen als gute Covariable bei geostatistischen Schätzungen erwiesen.

5 Interaktion von Prozessen auf verschiedenen Skalen

Eine der zentralen Fragen im Zusammenhang mit der räumlichen Variabilität lautet: Wie greifen die verschiedenen Skalenniveaus ineinander? Welche Bedeutung haben zum Beispiel mikroskalige Prozesse auf der Makroskala? Daß sich niedrigerskalige Prozesse nicht unbedingt auf der höheren Skala ausmitteln, zeigen auf Landschaftsniveau Untersuchungen von Lindemann et al. (1995), die die Bedeutung landschaftlich punktueller Strukturelemente (hier: Moore) für den Gesamt-Schwefelhaushalt einer Landschaft (hier: Alkalinitätsgewinn) untersuchen. Grundsätzlich kann nicht ausgeschlossen werden, daß mikroskalige Prozesse auf Aggregatniveau auch für die Stoffdynamik von Einzugsgebieten bedeutsam sind. Wie sich diese jedoch in Waldökosystemen durchpausen, ob und welche Glättungsprozesse wirksam sind und mit welchem Instrumentarium eine effektive Beschreibung möglich ist, bedarf weitergehenderer Untersuchungen.

Wesentliche Ziele der Ökosystemforschung sind Erklärung, Bewertung und Prognose des Systemverhaltens. Dies gilt in gleichem Maße für das Kompartiment Boden. Hierbei kommt letztlich der Modellbildung eine zentrale Rolle zu. Die unterschiedlichen Variabilitätsursachen und Musterbildungsprozessen auf den verschiedenen Skalenniveaus stellen natürlich eine deutliche Herausforderung an die Modellierung dar. Insbesondere ist bleibt zu klären, inwieweit detaillierte Prozeßmodelle für Waldstandorte (Totsche und Huwe, 1994) auch auf der Makroskala noch sinnvoll einsetzbar sind und wie der Einsatz solcher (ggf. vereinfachten) Boden-Pflanzen-Atmosphären-Modelle (SVAT-Modelle) auf Einzugsgebietsebene wirkungsvoll organisiert werden kann (Tenhunen et al., 1995). Der Ableitung effektiver Parameter bzw. effektiver Modelle für verschiedenen Skalen ist daher neben der Entwicklung verbesserter SVAT-Modelle eine vordringliche Aufgabe für die nähere Zukunft.

Zusammenfassung

Böden sind als funktionelle Kompartimente terrestrischer Ökosysteme für das Gesamtsystem von fundamentaler Bedeutung. Unterschiede zu Böden agrarischer Systeme bestehen im Hinblick auf Standortpräferenzen, kleinräumige Heterogenität, Stoffdynamik, Verhalten bei Skalenwechseln, Vegetationsstruktur und -dynamik, Artenspektrum und Bewirtschaftung. Da ökologisch bedeutsame Prozesse unter Freilandbedingungen einen hohen Grad an räumlicher Variabilität aufweisen, rückt dieser Aspekt zunehmend in den Blickpunkt des Interesses. Die Skalenniveaus, die in der Ökosystemforschung von Bedeutung sind, reichen von der Ebene der Primärpartikel über Pedons und einzelne Schläge bis hin zu Einzugsgebieten und Landschaften. Am Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung werden Forschungsaktivitäten sowohl auf der Mikro-, als auch auf der Meso- und Makroskala durchgeführt. Der Modellbildung kommt hierbei eine integrierende Funktion zu. Die Berücksichtigung von Variabilitätseffekten und der Ableitung effektiver Parameter bzw. effektiver Modelle für verschiedenen Skalen ist in diesem Zusammenhang eine der wichtigsten Aufgabe für die nähere Zukunft.

Summary

Soils are functional compartments of forest ecosystems and are thus of fundamental importance for the system as a whole. They differ from cultivated agricultural soils in many respects such as site conditions, matter dynamics, vegetation structure and dynamics, biodiversity and the behavior on boundaries of different scales. Under field conditions most of the essential soil processes show a high degree of spatial variability. Consequently this aspect of matter dynamics is of increasing interest. The scales important for soil studies in forest ecosystems comprise the whole range from soil aggregates to entire catchment areas and landscapes. In BITÖK (Bayreuther Institut für Terrestrische Ökosystemforschung) several research groups conduct studies on all scales up to the scale of catchment areas. Model development and applications act as integrating factors with respect to the more detailed process studies. Integration of variability impacts as well as derivation of effective parameters and development of effective models for different scales proved to be urgent tasks for the near future.

Literatur

- BITÖK** (Hrsg.) (1993): Stickstoff-, Schwefel- und Wasserhaushalt naturnaher Ökosysteme: Forschungskonzept des BITÖK 1993/94. Bayreuther Forum Ökologie 1, 66 S.
- Göttlein, A.** (1994): Mikroskalige Variabilität der Bodenlösungschemie saurer Waldböden - Ergebnisse eines Laborversuchs zum Vergleich von Standard- und Mikrosaugkerzen. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., in Druck.
- Huwe, B. und K.U. Totsche** (1994): Stofftransport in Landschaften: Prozesse auf verschiedenen Skalen. In: K. U. Totsche, M. Matthies, F. Strutzenberger, W. Petek, W. Klöpffer, P. Czedik-Eysenberg, H. Meinholz, H. Fiedler, K. Alef und O. Hutzinger (Hrsg.): Ökobilanzen, Produktlinienanalysen, Ökoaudit, UVP, Integrierter Umweltschutz, Modellierung und Risikoabschätzung, Ökometrie, Bd. 7, Umweltbundesamt, Wien, 471-484.
- Lindemann, J.S. Pfeiffer, M. Kaupenjohann und W. Zech** (1995): Contribution of redoxchemical processes to the neutralization of atmospheric acidification in small watersheds, Frankenwald (Northeast-Bavaria). BITÖK-Forschungsbericht 1994, Bayreuther Forum Ökologie 15.
- Manderscheid, B. und E. Matzner** (1995): Spatial and temporal variability of soil solution chemistry and ion fluxes through the soil in a mature Norwax Spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) stand. Biogeochemistry, in press.
- Matzner, E., M. Stuhmann, und B. Manderscheid** (1995): Wirkung von N-Einträgen auf Bodenprozesse des N-Haushalts von Waldökosystemen. UBA-Texte. in Druck.
- Tenhunen, J.D., M. Alsheimer, E. Falge, B. Heindl, U. Joss, B. Köstner, G. Lischeid, B. Manderscheid, B. Ostendorf, K. Peters, R.J. Ryel, und M. Wedler** (1995): Water fluxes in a spruce forest ecosystem: a framework for process study intergration. In: Hantschel,R; Beese,F; Lenz,R. Processes in Managed Ecosystems. Ecol. Studies. Springer, Heidelberg, in press.
- Totsche, K.U. und B. Huwe** (1994): Nitrogen Budget and Nitrogen Dynamics in Forest Ecosystems: Modelling and Simulation. BITÖK-Forschungsbericht 1993, Universität Bayreuth, 91-93.

Wege zum Vollzug des physikalischen Bodenschutzes

Urs Vökt; Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern.

Résumé: Protection physique des sols dans le canton de Berne

Un système de pores dont la continuité est assurée est de première importance pour la qualité des sols. Un tel système de pores ne peut se développer et se maintenir que dans un sol biologiquement actif. Dans ce domaine, les atteintes, qu'elles soient d'origine mécanique ou par des substances, ont toujours une influence sur les organismes du sol. Dans le canton de Berne, les dommages d'ordre mécanique sont plus graves pour le sol que la pollution par les métaux lourds. La situation au niveau des dégâts montre qu'en comparaison des prairies permanentes, les sols labourés ont une capacité d'infiltration nettement inférieure (moins 2 fois la puissance 10). Les techniques de culture douces telles que les semis directs sont absolument nécessaires pour préserver la fertilité du sol. Dans l'agriculture, le contrôle du respect des prescriptions est très exigeant et exigerait donc un effectif de personnel trop élevé. C'est pourquoi l'Office de l'agriculture du canton de Berne a décidé qu'il valait mieux éveiller un intérêt plutôt qu'instaurer des interdictions. Dans cet esprit, il est prévu de verser des contributions pour les techniques de culture ménageant particulièrement le sol telles que les semis directs, les semis de maïs en bandes sur prairie ainsi que les plantations directes de pommes-de-terre dans un mulch sur des buttes aménagées et engazonnées en automne.

Pour les sols attribués temporairement à d'autres affectations, tels que par exemple les gravières et les glaisières ainsi que les tranchées de canalisation, des techniques de remise en culture appropriées sont d'une importance capitale. Il s'agit ici de vouer une attention particulière à l'humidité du sol. Dans ce sens, il convient d'appliquer les "Directives sur la protection du sol lors de la mise en terre de conduites de transport d'hydrocarbures" (Directives sur la protection du sol) édictées par l'Office fédéral de l'énergie. Les premiers contrôles effectués pour évaluer le succès des remises en culture ont démontré qu'il existe trois mesures particulièrement efficaces:

- il est primordial de respecter la limite d'engagement des machines de chantier;
- il faut absolument mettre en place le sous-sol (couche intermédiaire) en une seule opération;
- il convient d'adopter une première forme de culture très douce (pas de terres ouvertes) jusqu'à ce qu'un nombre suffisant de vers de terre ait pu se développer en profondeur.

Ich verstehe mich und meine Erkenntnis als ein Teil eines Ganzen, ich kann nur einen kleinen Ausschnitt der ganzen grossen Wahrheit erkennen. Ihr alle in diesem Saal seid auch ein Teil dieses grossen Ganzen, Ihr erkennt wieder andere Teile und nur zusammen können wir etwas mehr von der grossen Wahrheit erfassen, die übrigens ständig im Fluss ist. Wir alle können fähig sein, einer Stimme zu folgen, die aus einer anderen Welt zu uns dringt. Ich möchte Sie zu einer Reise einladen, eine Reise in den Mikrokosmos der Tonminerale, der kleinsten Bestandteile der Erde, eine Reise von den sagemuwobenen Hecken des Domleschg zu den ausgeräumten Aeckern des Waadtlandes. Eine Reise von der Entstehung der Böden zu der Geschichte der Bodenzerstörung: Die beeindruckende Tiefe des Schachtes bei Augusta Raurica, wo man sehen kann, wieviel Erde sich schon über die Hochkultur der Römer gelegt hat. Den Boden so als etwas Lebendes erfahren, wirklich wie eine Haut, die Verletzungen wieder vernarben kann.

Meine erste Reise ging in die Welt des Mikrokosmos. Ich untersuchte die feinsten Bestandteile des Bodens, die feinsten Kristalle, die ich zuerst von amorphen Bestandteilen befreien musste. Für uns ist das Schlamm oder gar Schmutz. Nach der Entfernung von freiem, amorphem Eisen wurden einzelne Pakete von Tonmineralien frei und konnten mit Röntgenstrahlen beschickt werden. Daraus entstanden Beugungsbilder, welche durch die phantastische Mathematik der Natur erzeugt wurden.

Die Natur hat die Mathematik schon lange benutzt, bevor wir Menschen dahinter kamen. Eine Mathematik, für die wir fast zuwenig graue Hirnzellen haben. Als ich dann die Beugungsbilder gar mit dem Transmissions - Elektronenmikroskop erzeugte, war ich das erste Mal völlig fasziniert davon. Ich staunte, wie vor dem unendlichen Sternenhimmel, in dem ich immer mehr Geheimnisvolles erahne und still werde. Intuitiv habe ich etwas erkannt, konnte es aber noch nicht in Worte fassen. Eine unermessliche Schöpfung steckt schon in einem Tausendstel Milligramm von Erde.

Eine weitere Reise führte mich in die Vergangenheit, zu einer Kultur, die vor ca. 2000 Jahren unsere Gegend dominiert hat. Eine Kultur, die den Boden als Ware wie Getreide und Gold bezeichnet hat. Ursprünglich war Boden in unserer Gegend nicht zu kaufen. Es wurden nur Nutzungsrechte verteilt und diese immer wieder neu (im sogenannten Halljahr), je nach Familiengrösse, umverteilt. Dann kamen die Römer und haben den Boden privatisiert - und damit der Allgemeinheit geraubt (privare heisst rauben). Nach ihrem Rechtsverständnis konnte eben Boden erworben werden. Mit Geld konnten die Söldner Land erwerben und von den alten Besitzern nutzen lassen. Weil sie zu faul waren, selber den Boden zu bearbeiten, haben sie ihn bearbeiten lassen und dafür erst noch einen Zins verlangt. Aus Gräberfunden ist übrigens bekannt, wie sehr die Römer an Liebesmangel gelitten haben. Auf Fibeln ist zu lesen, dass eine Beschenkte den Mann von der Liebesnot retten soll. Es steht im Befehlstön. Wenn alles käuflich ist, kommt die Seele in Not.

Die Römer wurden vertrieben, und der Boden hat alle Wunden überwachsen. Es ist die Lebensgemeinschaft Boden, vor allem Regenwürmer, welche durch das Durchwühlen der Erde und das Ablegen von Kothäufchen an der Erdoberfläche die Ruinen der Römer langsam überwachsen liessen. Zahlreiche römische Siedlungen sind so in der Erde versunken. In Augusta Raurica haben sich 2.5 m Erde über die Gebäudereste gelegt.

Im Bergell kann dieser Prozess des Ueberwallens der Wüstungen (alte Ställe oder Speicher) live beobachtet werden. Das Bergell ist aber auch noch von unserer Hyperaktivität verschont geblieben. Eine Nische in unserer Leistungszeit, wo die Bewohner gelassen hinnehmen können, ja sogar die Gewissheit haben, dass ein Dorf einmal von einem riesigen Murgang (Rüfi) überflossen wird und so verschwindet. Währenddem glauben wir, mit Gentechnologie die Welt zu retten. Wir sind nicht einmal im Stande, das Wasserregime einer Geländekammer oder gar eines Entwässerungssystems so zu beeinflussen, dass keine Ueberschwemmungen entstehen. Wir wissen nicht mehr, wo wir bauen können und wo nicht. Es gibt durchaus natürliche Prozesse der Landschaftsbildung, welche immer in Bewegung sind. Es gibt aber auch Nutzungen des Bodens, welche die natürliche Durchlässigkeit derart beeinflussen, dass ein Starkniederschlag nicht mehr abfliessen kann. Die Entwicklung geht immer mehr in Richtung Rationalisierung, "wegrationalisieren" von Arbeitsstellen in der Wirtschaft; paradoxerweise suchen die Unternehmer Nischen, welche ihnen selber die Arbeitsplätze wegrationalisieren. Jeder glaubt, dabei der erste und der "cleverste" zu sein. Eine totale "1 - 2 - 3 Gesellschaft". Nur der erste ist etwas wert, und jeder ist bestrebt, der erste zu sein - und das bei Milliarden von Menschen.

Nun zur Reise ins "Heute", ins "Hier und Jetzt" mit Blick in die Zukunft. Bei meiner Aufgabe, den Boden der ganzen Schweiz zu kartieren, habe ich folgende Beobachtungen gemacht: Ich habe die Kartierungsmethode (Bestimmen der Formelemente im Luftbild, Interpretation der Bodenbildung aufgrund geologischer und geomorphologischer Ausgangslage) an vier Standorten in der Schweiz getestet. Da-

nach haben wir, ein Team von 3 Agronomen und einem Förster, die Schweiz von Osten nach Westen nach bodenkundlichen Inhalten abgegrast. Dabei fiel mir auf, dass im Domleschg, in den uralten Hecken, ein Boden vorlag, der nur so von Regenwürmern strotzte und ein Gefüge aufwies wie "Truffes" (innen helles Praliné und aussen ein dunkler Schokoladeüberzug). Ich musste diese Krümel immer und immer wieder durch meine Hände gleiten lassen und staunen, wie eine sehr dunkle Schicht eine Art Aussenhaut bildete. Ich hatte das erste Mal "Humushüllen" entdeckt! Im angrenzenden Acker musste ich mir schon sehr Mühe geben, eben diese Hüllen wieder zu entdecken, und so habe ich diese Gefügeeigenschaft als Merkmal einer stabilen Krümelstruktur in meine Beurteilung des Bodens einbezogen. Es war natürlich nicht möglich, in diesem groben Kartierungsmaßstab solche Feinheiten der Gefügeunterschiede noch darzustellen. Beim Weiterziehen nach Westen wurden die Humushüllen in den ackerbaulich genutzten Böden immer dünner. (Es war wahrscheinlich kein Zufall, dass mich die "Romands" immer ausgelacht haben, wenn ich von Humushüllen gesprochen habe.) In den intensiven Ackerbaugebieten des Waadtlandes habe ich dann tatsächlich Böden gefunden, in welchen die Struktur in der Ackerkrume soweit zerstört war, dass die darunterliegende Erdschicht die bessere Struktur aufwies. Dabei ist es wichtig zu wissen, dass sich die Krümelstruktur vor allem an der Erdoberfläche durch den Auswurf von Wurmhäufchen bildet. Diese sind die Ausgangssubstanz für eine stabile Krümelbildung. Man spricht auch von "Anneliedenmull". Die Regenwürmer musste man in diesem Acker mit Sperberaugen suchen, verglichen mit der Hecke im Domleschg, wo es von Regenwürmern nur so wimmelte. Die heutige ackerbauliche Anbautechnik ist mit der langfristigen Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit wie auch mit dem Schutz der Gewässer nicht in Einklang. Seit diesen Beobachtungen sind nun 20 Jahre vergangen, und die Intensivierung geht immer weiter.

Später habe ich eine Stelle als Landwirtschaftslehrer an der Landwirtschaftlichen Schule Rütli in Zollikofen erhalten. Dabei habe ich beobachtet, wie der Boden jeden Winter mehr verschlammte, wie freigespülte Steinchen auf den Kämmen der Ackerkrumen wie kleine erratische Blöcklein emporragten. Es wurde auch immer mehr "tote", unstrukturierte Erde heraufgepflügt. Immer mehr bilden sich Kluten (Knollen) auf den Aeckern, welche mit Kreiseleggen oder Zinkenrotoren (Rototillern) hin und her geknallt werden. Das Werkzeug der Kreiselegge greift mit 40 km/h auf die Erdschollen ein. Ohne Sicherheitsgurt würde dieser Aufprall von einem Menschen in einem Auto kaum überlebt, schon gar nicht ohne Auto. Wenn ein Mensch mit 40 km/h gegen eine Mauer geworfen würde, hätte er kaum Ueberlebenschancen. Dem Boden muten wir das ohne Bedenken zu, ja es gibt Bauern, die überfahren einen Acker zwei- und mehrmal mit der Kreiselegge.

Es werden immer schwerere Erntemaschinen eingesetzt, da sind die Bauern offenbar für Eurokompatibilität, und dabei werden Böden immer mehr verdichtet. Es gibt bereits in der Schweiz Böden, die bis auf eine Tiefe von 60 cm so stark verpresst sind, dass auch grosse Lasten keine weiteren Verdichtungen mehr verursachen. Auch hier werden wir eurokompatibel. Die Hohlräume, welche so verpresst werden, fehlen für die Beherrschung von Bodenlebewesen, welche den Boden Jahr für Jahr wieder regenerieren und eben die Fähigkeit haben, Wunden zu überwachen. Früher reichte die Zeit von zwei Jahren oder drei Wintern, dem Boden unter einer "Kunstwiese" Erholung zu verschaffen. Jetzt wird durch zu nasses Befahren beim Eingrasen auch diese Erholungszeit immer wieder unterbrochen. Wenn der Mensch schon nicht aus dem Stress herauskommt, so soll auch der Boden keine Ruhe haben.

Als weitere Folge von Verdichtung und Verschlammungen wird plötzlich auch Atrazin nicht mehr von der Humusschicht festgehalten. Kolloide Bodenteilchen werden durch die Gefügezerstörung frei und in die Tiefe gespült. Das führt nach und nach zu einer weiteren Verschlechterung der Durchlässigkeit. Der Boden trocknet schlechter ab und wird häufig wieder zu nass bearbeitet, und dadurch leidet die Struktur noch mehr. Der Boden wird verknetet, dadurch verlieren die Humushüllen ihren Effekt, als Trennschicht zwischen den Krümeln zu wirken.

Zur Krönung dieser Eskalation wird jetzt noch ein Verfahren angeboten, welches die Erde vor dem Legen der Kartoffeln sortiert. Keinen Stein und keine Erdschollen, auch keine Wurzelreste darf es auf dem Förderband des Kartoffelrodgers haben, denn nur so kann die Kartoffelernte auch während der Nacht erfolgen! Es braucht ja niemanden mehr, der Steine oder Kluten herausliest. Das ist Rationalisierung.

Die Bodenfruchtbarkeit könnte so definiert werden: die Gestalt des Hohlraumsystems kann sich selbst reproduzieren. Das Wissen ums Ganze trägt jedes Bodenlebewesen in sich. So lässt sich auch erklären, warum die schwächsten Lebewesen im Boden, nämlich die Pflanzen, auch überleben können. Die anderen Bodenlebewesen lassen auch den Pflanzen ihren Platz. Eben dieses Geheimnis, dieses Wissen ums Ganze dürfen wir nicht zerstören. Ich könnte mir vorstellen, dass sonst die Natur brutal zuschlagen könnte. Kürzlich wurde bekannt, dass Raben Kälber, ja sogar gebärende Kühe töten. Auch Killerviren bedrohen uns wie ein Gespenst, vor dem wir völlig wehrlos sind.

Nach diesen Reisen von der Vergangenheit in die Zukunft bin ich dann mit der grössten Herausforderung konfrontiert worden, nämlich den Bodenschutz des Kantons Bern zu übernehmen. Träume haben mich in meinen Entscheidungen geleitet.

Es war mir von Anfang an wichtig, dass der Kernpunkt der Bodenfruchtbarkeit - die Krümelstruktur - bei der Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit besonderes Gewicht erhalten muss. Wenn die Bodenstruktur nicht geschützt werden kann, kann die Bodenfruchtbarkeit auch nicht erhalten bleiben.

Ein Erlebnis aus der ersten Zeit meiner Tätigkeit als Bodenschützer haben meine Ansichten über die Wichtigkeit der mechanischen Unversehrtheit des Bodens noch bestärkt. Ich bin beim Probenehmen auf eine Wiese gestossen, auf der nur "Chüngeligras" mit der Sense geschnitten wurde. Der Boden wurde mechanisch nicht belastet. Die Analysen haben aber ergeben, dass er mit Schwermetallen hoch belastet war. Trotzdem haben sich die Regenwürmer anscheinend darin sehr wohl gefühlt, mindestens haben sie sich stark vermehrt, und die Struktur war sehr stabil. Es war auch so, dass die Regenwürmer die Schadstoffe im ganzen Profil verteilt und somit verdünnt haben. In etwa 5 km Entfernung vom Emittenten war ein Boden ohne jede Schwermetallbelastung, aber landwirtschaftlich sehr intensiv genutzt. Dieser Boden zeigte kaum Regenwürmer, die Struktur war sehr labil und neigte zur Verschlammung. Dem Boden wurde durch die landwirtschaftliche Uebernutzung mehr geschadet als durch den Schwermetalleintrag bei der Chüngeliwiese. Dadurch wurde mir klar, dass bei der landwirtschaftlichen Nutzung mit aller Anstrengung neue schonendere Anbauverfahren gesucht werden müssen. Da kommt das grosse Erwachen. Woher nimmst Du die Rechtsgrundlagen für Deine Aktivitäten? Wir haben wohl eine Verordnung geschaffen nach welcher die Bodenfruchtbarkeit mit chemischen, physikalischen und biologischen Parametern untersucht werden kann. Wenn aber grundeigentümergebundene Massnahmen getroffen werden sollen, dann braucht es dazu ein neues Gesetz, beziehungsweise, das alte Gesetz reicht für grundeigentümergebundene Vorschriften bezüglich Anbautechniken und An-

baubeschränkungen zur Schonung der Bodenfruchtbarkeit nicht aus. Es ist im besten Fall möglich, bei nachweislich gestörter Bodenfruchtbarkeit Massnahmen zu deren Wiederherstellung zu verfügen. In diesem Punkt sind sich aber die Juristen nicht einig. Juristen als Wegweiser? Wichtig ist die juristische Auslegung. Ob Boden zerstört wird, sagt demnach der Jurist.

Da die Kontrollen zur Einhaltung von Vorschriften in der Landwirtschaft ohnehin sehr arbeitsintensiv sind, also einen sehr hohen Personalbestand erfordern, hat man im Landwirtschaftsamt des Kantons Bern beschlossen, statt Verbote Anreizstrategien zu fördern. Es sollen Beiträge für besonders bodenschonende Anbautechniken wie Direktsaat, Maisstreifenfrässaat (Maiswiese) und Direktmulchlegen von Kartoffeln in im Herbst vorgeformte und begrünte Dämme ausbezahlt werden. Die Direktsaat bewirkt nach deutschen Studien, dass im Durchschnitt 20 kg N/ha weniger ausgewaschen werden als mit konventionellen Anbautechniken. Das bedeutet auf unsere Verhältnisse übertragen eine Reduktion des Nitrates von etwa 20mg/l. Die Direktsaat hat im weiteren den Vorteil, dass die Regenwurmzahl wie auch die Infiltrationsrate stark zunehmen. Die Bauern, welche im Gebiet der Nitratsachenbekämpfung bereits Beiträge für die Direktsaat erhielten, streichen die höhere Tragfähigkeit des Bodens als grössten Vorteil hervor.

Bei der Ueberprüfung der Umweltverträglichkeit von grossen Bauwerken konnte das Umweltgut Boden neu ins Verfahren eingebracht werden. Die Fragestellung lautete: "Kann die vorübergehende Beanspruchung des Bodens ohne dessen Schädigung vorgenommen werden?". Pionierarbeit konnte dafür auf der Tunnelbaustelle Grauholz geleistet werden. Die SBB waren bereit, kompromisslos neue Rekultivierungstechniken anzuwenden. Dabei war die technische Machbarkeit das wesentlichste Kriterium vor allem für das Übertragen auf andere Baustellen.

Anlässlich des Gasleitungsbaus Ruswil - Altavilla konnten die Erkenntnisse aus der Baustelle Grauholz auf den Pipelinebau umgesetzt werden. Das stiess anfänglich auf massiven Widerstand, aber dank der Mithilfe des Bundesamtes für Energiewirtschaft konnten sehr fortschrittliche Richtlinien erarbeitet werden. Dabei wurde neu die Bodenfeuchtigkeit mit Tensiometern gemessen und Grenzwerte für den Einsatz von Baumaschinen festgelegt. Massgebend für den bodenschonenden Einsatz war der Kontaktflächendruck, die Bodenfeuchtigkeit (gemessen mit Tensiometern) und das Gesamtgewicht. Grundlagen dafür wurden von Hartge und Horn sowie Kramer geliefert. Mit diesen Richtlinien könnten alle Bauvorhaben, welche Boden vorübergehend beanspruchen, abgedeckt werden.

Im Kiesabbau wird ein ähnliches Vorgehen mit einer Arbeitsgruppe aus der Kiesbranche und dem FSK verfolgt. Es geht dabei um Materialabbaustellen und Deponien, in welchen heute noch zu wenig sorgfältig mit den Ressourcen umgegangen wird. Wir haben oft den Eindruck, dass Boden wie Abfall behandelt wird. Es ist noch ein sehr weiter Weg zurückzulegen, bis der Wert des Bodens als eine "nichtwiederherstellbare" Ressource von allen Beteiligten erkannt wird. Eigentlich ist das aus ökonomischer Sicht auch sehr verständlich: Ein Boden, der überbaut (und damit zerstört) werden kann, hat doch einen mindestens zeh- bis hundertfachen Wert gegenüber einem Boden mit ausgezeichneter Bodenfruchtbarkeit in der Landwirtschaftszone.

Grosse Bauvorhaben bodenverträglich gestalten: Erfahrungen aus dem Gasleitungsbau

Roland Bono¹⁾, Matthias Achermann²⁾, Franz Borer²⁾, Alfred Enggist²⁾, Ruedi Kläy²⁾,
Christoph Salm³⁾ und Urs Vökt²⁾

- 1) Amt für Umweltschutz und Energie, Rheinstrasse 29, 4410 Liestal
- 2) Bodenschutzfachstellen der Kantone LU, SO und BE
- 3) abc TERRE AG, Ingenieurbüro für den Bereich Boden, Postweg 1, 5704 Egliswil

Résumé

En Suisse, dans le courant de 1994, trois nouveaux gazoducs ont vu le jour. Ces réalisations comportent un danger évident pour les sols. Afin de les protéger, pour la première fois en 1994, des normes provisoires du Département fédéral des transports des communications et de l'énergie ont été appliquées. Ces normes ce sont avérées satisfaisantes de l'avis des propriétaires terriens et des spécialistes de la protection des sols.

Zusammenfassung

1994 wurden in der Schweiz drei grosse Transportleitungen für Erdgas realisiert. Es handelte sich dabei um Bauvorhaben mit einem beträchtlichen Gefährdungspotential für die Böden. Dieses resultiert aus der temporär grossen Flächenbeanspruchung, verbunden mit dem Einsatz schwerer Baumaschinen unter Zeit- und Kostendruck. Zum Schutze der Böden sind bei diesen Bauvorhaben erstmals provisorische Richtlinien des Bundesamtes für Energiewirtschaft angewendet worden. Sie haben nach Einschätzung von Grundeigentümern und Bodenfachleuten wesentlich zum Vorsorgeschutz der Böden beigetragen und zu Innovationen in der bodenschonenden Ausführung grosser Bauvorhaben geführt.

1. 1994 drei grosse Erdgasleitungen realisiert

Der Anteil des Erdgases an der schweizerischen Energiebilanz soll in den nächsten 20 Jahren aus energie- und umweltpolitischen Gründen, nicht zuletzt wegen der angestrebten vermehrten Substitution von Erdöl, von heute rund 11 % auf 20 % verdoppelt werden. Die Versorgung der Schweiz mit Erdgas basiert vollständig auf Importen - hauptsächlich aus Deutschland (ca. 50 %), Niederlande (ca. 20 %), Russland (ca. 15 %) und Frankreich (ca. 10 %). Der Transport von den Lagerstätten und Gewinnungsorten in die Verbrauchsregionen erfolgt über leistungsfähige, in einem internationalen Verbund zusammengeschlossene Hochdruckleitungen.

Das schweizerische Hochdrucknetz (>5 bar) ist derzeit rund 2'000 km lang. Um die geplante Steigerung des Erdgasanteils an der schweizerischen Energiebilanz auch logistisch realisieren zu können, ist eine Verdoppelung der Transportkapazität des Hochdrucknetzes vorgesehen. 1994 wurden mit einem Investitionsaufwand von rund 300 Mio. Fr. die ersten drei Grossprojekte und damit streckenmässig etwa die Hälfte des bis 1997 geplanten Gesamtausbaus des schweizerischen Erdgastransportsystems fertiggestellt, nämlich:

- Parallelleitung zur Transitgasleitung auf dem Abschnitt Wallbach (AG) - Däniken (SO)
(*Bauherrin: Transitgas AG; Länge: 33 km; Rohrdurchmesser: 90 cm*)
- Leitung Ruswil (LU) - Altavilla (FR)
(*Unigaz SA; 105 km; 60 cm*)
- Leitung Winterthur (ZH) - Bischofszell (TG)
(*Erdgas Ostschweiz AG; 50 km; 50 cm*)

Das ingenieurmässig anspruchvollste Bauvorhaben war dabei aufgrund des für Schweizer Verhältnisse grossen Rohrdurchmessers und der schwierigen Topographie (Querung des Nordwestschweizer Tafel- und Faltenjuras) zweifellos der Bau der Parallelleitung zur Transitgasleitung.

Im Rahmen der seinerzeitigen Konzessionsverfahren wurden allein gegen das Projekt Wallbach - Däniken über 100 Einsprachen von Seiten der betroffenen Grundeigentümer eingereicht. Bei zwei Projekten (Wallbach - Däniken und Ruswil - Altavilla) gründeten Grundeigentümer und Bewirtschafter eine Interessengemeinschaft zur besseren Durchsetzung ihrer Anliegen bezüglich der Vermeidung irreversibler Bodenschäden. Es stellt sich die Frage nach den Hintergründen dieses Widerstandes und dem Umgang damit, ist doch der Transport von Erdgas mittels Hochdruckleitung unbestritten eine sehr leistungsfähige und umweltfreundliche Art der Energiedistribution.

2. Gefährdungspotential für den Boden

Der Bau einer Hochdruckerdgasleitung ist sowohl bezüglich Investitionsvolumen als auch von der bautechnischen Seite her als grosses Bauvorhaben einzustufen. Der „klassische“ Leitungsbau zeichnet sich dabei durch folgende bodenrelevante Charakteristika aus (R. Kläy & R. Bono 1993):

- Temporäre Inanspruchnahme grosser Bodenflächen (20 - 30 m breites Bautrassee, d. h., Flächenbeanspruchung von 2 - 3 Hektar je Leitungskilometer)
- Geringe Flexibilität in der Trasseeführung
- Organisation der Baustelle als sogenannte Linienbaustelle mit vorgegebener Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte (Trasseevorbereitung - Rohrausfuhr - Rohrschweissen - Grabenaushub - Rohrabensen - Grabenverfüllung - Wiederinstandstellung - Folgenutzung)
- Hoher Termin- und Kostendruck, verbunden mit Baumaschineneinsatz bei jeder Witterung
- Einsatz von ausgesprochen schweren Baumaschinen, verbunden mit hoher Bodenpressung.

Diese Merkmale stellen, zusammen mit einem oft fehlenden Bodenbewusstsein, ein beträchtliches Gefährdungspotential für die Böden dar, wie betroffenen Grundeigentümern im Bereich der Mitte der siebziger Jahre realisierten Leitungen noch heute gegenwärtig ist. Zu den möglichen Bodenschäden zählt namentlich die punktuelle oder flächenhafte Störung bis Zerstörung von Struktur und Substanz des Bodens durch tieferreichende Verdichtungen, durch Profilkappungen und durch Horizontvermischungen. Dadurch werden Bodenfruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit nachhaltig und teilweise irreparabel beeinträchtigt, und die Bewirtschafter klagen über Tiefenverdichtungen, Humusverluste sowie skelettreiches oder toniges Untergrundmaterial an der Oberfläche.

3. Wie den Boden schützen?

Das Eintreten für Bodenschutzanliegen stösst nicht nur bei Bauvorhaben auf Schwierigkeiten. Fehlendes Bodenbewusstsein ist sehr weit verbreitet und gleichzeitig auch das Haupthindernis für die Realisierung von Bodenschutzanstrengungen. Boden wird kaum als belebter Körper und damit als etwas besonders Empfindliches und Schützenswertes wahrgenommen. Erschwerend kommt hinzu, dass sich viele stoffliche und physikalische Bodenbelastungen - und hier insbesondere die Tiefenverdichtung - der direkten Wahrnehmung entziehen. Gleichzeitig gilt es aber, aufgrund der Irreparabilität vieler Bodenbelastungen, das Vorsorgeprinzip zu vertreten und durchzusetzen sowie das Ziel der langfristigen Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit verständlich zu machen.

Das Ziel beim Gasleitungsbau aus Sicht des Bodenschutzes war die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, das heisst die Erhaltung gesunder Böden. Damit waren Gefährdungen, die irreparable Bodenschäden verursachen könnten, konsequent zu minimieren. Als Grundlage für die konkrete Umsetzung dieser Anliegen wurden von den betroffenen Kantonen nachstehende, den Projektphasen angepasste Teilziele formuliert und im Rahmen der mit den einzelnen Konzessionsverfahren verknüpften Umweltverträglichkeitsprüfungen zuhanden des federführenden Bundesamts für Energiewirtschaft (BEW) eingebracht:

Tab. 1: Ziele des Bodenschutzes für die einzelnen Projektphasen

Planung	Bau	Betrieb
Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit		
<ul style="list-style-type: none"> • Schonung „wertvoller“ Böden • Meiden empfindlicher Böden • Minimale Flächenbeanspruchung 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine irreversiblen Verdichtungen • Keine Durchmischung der Bodenhorizonte 	<ul style="list-style-type: none"> • Regeneration der beanspruchten Böden

Zur Erreichung der Ziele des Bodenschutzes wurden möglichst präzise formulierte Handlungsanweisungen für die an Planung und Bau beteiligten Stellen als notwendig erachtet. Entscheidendes Instrument dazu waren die „Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen (Bodenschutzrichtlinien)“ des Bundesamtes für Energiewirtschaft (1993).

3.1 Die Bodenschutzrichtlinien des Bundesamtes für Energiewirtschaft

Die sich abzeichnenden Widerstände von Grundeigentümern und die Einwände der Kantonsbehörden im Rahmen der Konzessionsgesuche für die Leitungen Ruswil - Altavilla und Wallbach - Däniken veranlassten das BEW, erwähnte Bodenschutzrichtlinien zu erarbeiten. Diese entstanden unter der Mitwirkung von Vertretern des eidgenössischen Rohrleitungsinspektorats, der Gaswirtschaft, des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft sowie der kantonalen Bodenschutzfachstellen. Die 1993 provisorisch in Kraft gesetzten Richtlinien regeln die folgenden Bereiche beim Bau unterirdisch verlegter Leitungen:

Tab. 2: Inhalt der Bodenschutzrichtlinien des Bundesamtes für Energiewirtschaft (1993)

Planung	Bau	Rekultivierung
<ul style="list-style-type: none"> • Information der Grundeigentümer <i>(über das Bauvorhaben und seine Konsequenzen)</i> • Aufnahme der Bodenverhältnisse im Trasseebereich <i>(Verdichtungsempfindlichkeit als Grundlage für Trasse-, Bau- und Terminplanung)</i> • Bodenkundliche Baubegleitung zur fachlichen Beratung der Bauleitung und zur Überwachung der Einhaltung der Bodenschutzrichtlinien 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung des Baustreifens <i>(Begrünung; kein Abhumusieren des Fahrstreifens)</i> • Einsatzgrenzen für Baumaschinen <i>(abhängig von Gesamtgewicht, Auflagedruck und Bodenfeuchte)</i> • Zusätzliche Schutzmassnahmen bei geringer Tragfähigkeit der Böden <i>(z.B. Kiespisten, Baggermatrizen)</i> • Baustopp <i>(Anlass, Kompetenzen und Verfahren)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederinstandstellung des Trasseebereichs <i>(Tieflockerung, Begrünung)</i> • Folgebewirtschaftung <i>(Einschränkungen auf Abschnitten mit besonderer Beanspruchung des Unterbodens)</i>

Eigentliche, innovative Kernstücke der Richtlinien sind der Verzicht auf das flächendeckende Abhumusieren des Trasseebereichs sowie die Festlegung von Einsatzgrenzen für Baumaschinen in Abhängigkeit von deren Gesamtgewicht und Bodenpressung einerseits sowie der Tragfähigkeit des Bodens andererseits (festgelegt anhand der jeweils aktuellen Saugspannungswerte).

3.2 Erfahrungen bei der Umsetzung der Bodenschutzrichtlinien

Die Erfahrungen mit der konkreten Anwendung der Richtlinien sind aus der Sicht des Bodenschutzes grundsätzlich sehr positiv zu werten (vgl. Abb. 1), wenn auch die Umsetzung nicht immer auf allen, eingangs erwähnten drei Baustellen in identischem Ausmass erfolgte. Wesentliche Bestimmungsgrösse für die Möglichkeit zur Einflussnahme auf bodenrelevante Planungs- und Bauentscheide war das Mass des Bodenschutz-Engagements der überwiegend in der Landwirtschaft tätigen Grundeigentümer. Dieses wiederum wurde bestimmt durch bereits gemachte Erfahrungen mit derartigen Bauvorhaben: Landwirte mit entsprechendem Erfahrungshintergrund erkannten das Gefährdungspotential des Bauvorhabens für den Boden und die Notwendigkeit entsprechender Vorsorgemassnahmen rasch. Die Umsetzung der Bodenschutzrichtlinien des BEW wurde somit durch die direkte Betroffenheit der Grundeigentümer massgeblich mitbestimmt.

Die Umsetzung der Bodenschutzrichtlinien war erwartungsgemäss auch mit Problemen verbunden. In folgenden Bereichen sind bei gleichen oder ähnlichen Bauvorhaben Schwierigkeiten zu erwarten:

- Verzicht auf Abhumusierung:

Begrünter Oberboden ist tragfähig, trocknet schnell ab und ist gut regenerationsfähig, da belebt; Bauherrschaft und Grundeigentümer müssen von diesen Vorteilen überzeugt werden.

- Verfügbarkeit leichter Baumaschinen:

Je weniger Gesamtgewicht und je weniger Bodenpressung (grosse Auflagefläche!) eine Baumaschine aufweist, um so geringer ist die Wahrscheinlichkeit irreparabler Bodenschäden selbst bei wenig tragfähigen Böden; Verfügbarkeit und Einsatzmöglichkeiten bodenschonender Baumaschinen könnten noch wesentlich erweitert werden.

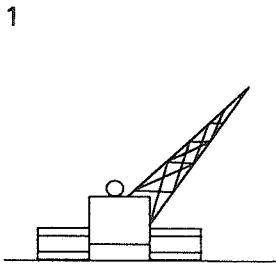
- Erhöhte Arbeitsleistung in Schönwetterphasen:

Zur Kompensation von Arbeitsunterbrüchen bei schlechter Witterung (verminderte Tragfähigkeit der Böden!) sollte in Schönwetterphasen Mehrarbeit geleistet werden können; die dazu notwendigen Voraussetzungen (Kapazitäten, arbeitsrechtliche Vereinbarungen, Bewilligungen etc.) sind rechtzeitig zu schaffen.

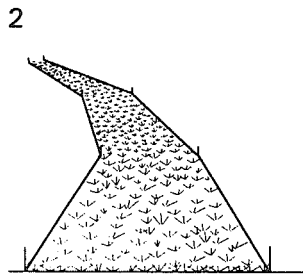
- „Streu“-Baustelle statt Linienbaustelle:

Die Einhaltung der Einsatzgrenzen für Baumaschinen kann zur unerwünschten Auflösung der Linienbaustelle führen; erwünscht ist eine allenfalls abschnittsweise Dreiteilung in Rohrbau, Tiefbau und Wiederinstandstellung; dies bedeutet wesentlich höhere Anforderungen an Planung, Baustellenlogistik und bodenkundliche Baubegleitung.

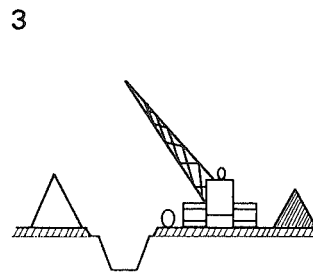
Abb. 1: Bodenschutzbedingte Neuerungen im Gasleitungsbau



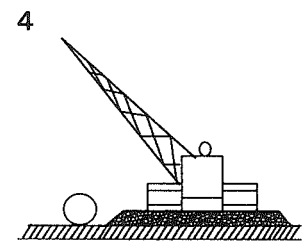
Grössere Auflagefläche, kleineres Einsatzgewicht der Baumaschinen.



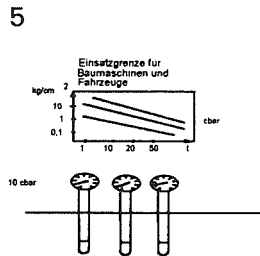
Vorgängiges Begrünen des gesamten Trassees.



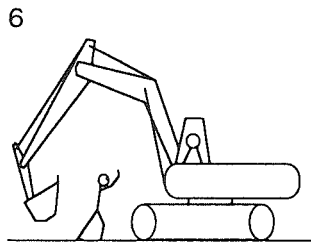
Wo kein Gefällsausgleich nötig, nur Abhumusieren des Grabenbereichs -> dieser kann als Transport- und Arbeitspiste dienen (Trassegebiet).



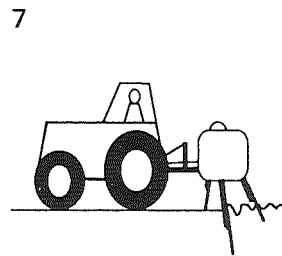
Bei nicht tragfähigen oder feuchten Böden Kiespiste oder Baggermatten im Fahr- oder Baggerbereich.



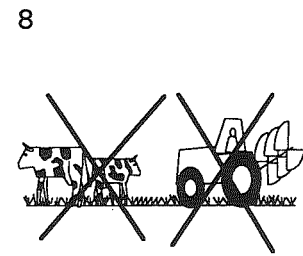
Klare Bodenfeuchtigkeitsgrenzwerte für zulässigen Maschineneinsatz



Weisungsbefugte, pedologische Baubegleitung; Ermöglichung teilweiser Baustopps.



Abbruchlockerung durch Tiefspatenmaschine und Begrünen.



Folgenutzung Dürrfutter ohne Befahren, Umbruch und Beweidung.

9 Bei Trasseewahl sowie Einteilung und Beginn der Baulose in Zukunft verstärkte Berücksichtigung der Bodenverhältnisse.

- Böden mit geringer Tragfähigkeit:

Zusatzmassnahmen (Kiespisten, Baggermatten etc.) zum Schutze empfindlicher Böden müssen frühzeitig geplant und die notwendigen Mittel bereitgestellt werden.

- Angepasste Folgenutzung:

Mit Abschluss der Wiederinstandstellung des Trassees wächst die Ungeduld der Grundeigentümer bezüglich einer möglichst raschen und uneingeschränkten Folgenutzung; die adäquate und sorgfältig geplante (evtl. auch eingeschränkte) Folgenutzung ist jedoch Voraussetzung für ein nachhaltiges Gelingen der Bodenschutzanstrengungen.

Die Erfahrungen mit den Bodenschutzrichtlinien im Gasleitungsbau lassen uns nachstehende Folgerungen ziehen, denen wir grundsätzliche Bedeutung für das erfolgreiche Umsetzen von Bodenschutzanliegen auch im Rahmen anderer grosser Bauvorhaben beimessen:

- 1. Bodenschutzanliegen so früh wie möglich vertreten:** Entscheidende bodenrelevante Weichenstellungen müssen immer bereits in der Planungsphase von Projekten erfolgen; korrigierende Eingriffe in der Bauphase sind nur in Ausnahmefällen möglich.
- 2. Bodenschutz in privatrechtlichen Verträgen absichern:** In Dienstbarkeits- oder Durchleitungsverträgen geregelte Bodenschutzmassnahmen stellen eine transparente Rechtsgrundlage für die am Bau Beteiligten dar.
- 3. Bodenschutz als Querschnittsaufgabe verstehen:** Es sind alle Projektbeteiligten für die Anliegen des Bodenschutzes zu sensibilisieren; Grundeigentümer und Bewirtschafter sind eng miteinzubeziehen und über Baufortschritt und besondere Massnahmen zu orientieren.
- 4. Funktionsgerechte „Bodenschutzausbildung“ der am Bau Beteiligten:** Bodenrelevantes Fehlverhalten basiert zumeist nicht auf Vorsätzlichkeit, sondern auf Unwissen; die Sensibilisierung in Bodenschutzanliegen schafft die Basis für bodenschonendes Verhalten.
- 5. Sorgfältig geplante Folgenutzung:** Durch den Bau beanspruchter Boden muss sich regenerieren können; eine angepasste Folgenutzung schafft die Voraussetzungen dafür (vgl. SVIL 1995).
- 6. Hoher Stellenwert der bodenkundlichen Baubegleitung:** Die Ansprüche von Bauherrschaft, Grundeigentümern und Bodenschützern an diese Funktion sind gross; sie muss dementsprechend einem umfassenden Anforderungsprofil genügen.
- 7. Bodenschutzziele gegenüber der Öffentlichkeit kommunizieren:** Die Öffentlichkeit hat ein Anrecht auf Information über Ziele und Wege des Bodenschutzes bei Bauvorhaben; diesem Anrecht ist vermehrt und aktiver Rechnung zu tragen.

4. Richtlinien als Meilenstein im physikalischen Bodenschutz?

Eine abschliessende und umfassende Bewertung der Anstrengungen zum Bodenschutz beim Gasleitungsbau als Beispiel für ein bodenrelevantes, grosses Bauvorhaben ist derzeit noch nicht möglich. Es sind vorerst der Abschluss der Rekultivierungsarbeiten und zwei bis drei Jahre bodenschonende Folgenutzung abzuwarten. Dazu kommt, dass die beim Bau aufgetretenen Probleme, die jeweils eingeschlagenen Lösungswege und die damit gemachten Erfahrungen nicht auf allen drei erwähnten Baustellen gleich waren.

Derzeit ebenfalls noch nicht abgeschlossen ist die Diskussion um die bodenerhaltende Wirkung der Richtlinien einerseits und deren kostenmässigen Auswirkungen zu Lasten der Bauherrschaft (und damit letztlich zulasten der Gasbezüger) andererseits. Unbestrittenermassen haben die Bodenschutzrichtlinien wesentlich dazu beigetragen, dass die Bauvorhaben trotz des anfänglich beträchtlichen Widerstands seitens der Grundeigentümer termingerecht innert kurzer Zeit und zugleich bodenschonend realisiert werden konnten. Unter Berücksichtigung aller Aspekte wagen wir die Aussage, dass die Bodenschutzrichtlinien des BEW den Gasleitungsbau nicht oder allenfalls nur unwesentlich verteuert haben.

Gerade wenn gesetzliche Regelungen oder behördliche Verordnungen und Richtlinien im heutigen politischen und gesellschaftlichen Umfeld sehr kritisch hinterfragt werden - in vielen Fällen durchaus zu Recht - so haben die Bodenschutzrichtlinien doch etwas Wesentliches erreicht: Sie haben zur Entwicklung eines Bodenbewusstseins bei vielen Beteiligten beigetragen. Ein Bewusstsein, das diese Beteiligten „Boden“ aus anderer Perspektive als bisher betrachten lässt und das möglicherweise künftige Regelungen überflüssig machen wird, weil - dies als Vision - der schonende Umgang mit der Ressource Boden zur Selbstverständlichkeit geworden ist.

5. Literatur

BUNDESAMT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT, 1993: Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen. Bern, 7 S., mit Anhang

KLÄY, R. & R. BONO, 1993: Den Gasleitungsbau umweltverträglich gestalten. Forderungen aus der Sicht des Bodenschutzes. In: Natur und Mensch, Schweizerische Blätter für Natur- und Heimatschutz, Nr. 1, S. 22 - 25

SCHWEIZERISCHE VEREINIGUNG INDUSTRIE - LANDWIRTSCHAFT (SVIL), TRANSIT-GAS AG & TERRE AG, 1995: Orientierungsschreiben an die Bewirtschafter über kulturtechnische Wiederherstellung, Bewirtschaftung und Bewirtschaftungseinschränkungen (Folgebewirtschaftung).

VÖCKT, U. & M. AEBI, 1994: Zuckerrüben ernten mit Grossbunkermaschinen? In: UFA-Revue, Nr. 10, S. 37 - 38

Physikalischer Bodenschutz – Erfahrungen beim Autobahnbau

Franz Borer, Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn, Abt. Bodenschutz, Baselstrasse 77, 4500 Solothurn

Das Problem

Der Bau von Nationalstrassen durch ebene, unverbaute Gebiete ist in der Schweiz die Ausnahme. Im Normalfall werden starke Terrainveränderungen vorgenommen und die häufig notwendigen Kunstbauten führen oft während des Baus zu sogenannt 'nur temporär' beanspruchten Flächen, meist in gutem bis bestem Kulturland.

Gerade dieses Attribut 'nur temporär' ist nun aber entscheidend für die Aktivitäten des Bodenschutzes, wird es doch gebraucht für Böden, die nach einem extremen Eingriff in Form von Befahren, Abschürfen, Deponieren, Umbetten, neuerlichem Anschütten und Befahren am Schluss immer noch fruchtbar sein sollten.

Auf der Teilstrecke der N5 von Zuchwil nach Nennigkofen Richtung Grenchen ist diese Situation auf weiten Strecken gegeben, indem 2 Tagbautunnels (einer davon teilweise auch bergmännisch vorgetrieben) und grosse Anschlussbauwerke unterirdisch angelegt werden und die entsprechenden Installationsplätze, Deponieräume etc. ein Mehrfaches der nachmalig ausgewiesenen Strassenfläche als Baufläche beanspruchen.

Es ist aber eigentlich nicht Fläche, die beansprucht wird, sondern Volumen, und dieses Volumen ist bester landwirtschaftlicher Boden....

Allgemeine Voraussetzungen

Gemäss Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) sind die Anlagetypen Nr. 11.1 (Nationalstrassen) und 11.2 resp. 11.3 (Hauptverkehrs- und Hochleistungsstrassen) UVP-pflichtig.

Im UVP-Verfahren wird geprüft, ob das Projekt den bundesrechtlichen Vorschriften über den Schutz der Umwelt entspricht (UVPV, Art.3).

Gemäss Mitteilungen zur UVPV Nr. 7 (1992) 'UVP bei Strassenverkehrsanlagen' sind als Bearbeitungspunkte bei der Hauptuntersuchung folgende Bereiche abzuhandeln:

- Bodenstruktur
- chemische und biologische Zusammensetzung
- Bodenverlust
- Landwirtschaft
- Störfälle.

Es wird aber auch speziell darauf verwiesen, dass die Kulturerde (quantitativ und qualitativ) zu erhalten sei. Damit ist der Anspruch auf Beachtung des physikalischen Bodenschutzes hinreichend abgedeckt.

Verankerung des physikalischen Bodenschutzes in der Baugenehmigung

Im Beurteilungsbericht der kantonalen Fachstelle zum UVP-Bericht der Nationalstrasse N5 Zuchwil-Nennigkofen wurden unter anderem folgende Anträge gestellt, die kraft des Regierungsratsbeschlusses für Planung und Ausführung der Bauarbeiten als verbindlich erklärt wurden:

..... *Die Bauphase ist durch Bodenfachleute, die von der Bauherrschaft beigezogen werden, zu begleiten. Nach Abschluss der Bauplanungsetappen sind die Ergebnisse dieser Arbeiten der kantonalen Bodenschutz-Fachstelle und dem Landwirtschaftsdepartement zur Beurteilung vorzulegen.*

Zur Anleitung und Überwachung der Bodenschutzmassnahmen (Protokoll vor Inangriffnahme der Arbeiten, Begleitung der Abhumusierung und des Anlegens von Deponien, Rekultivierung und Instandstellung der temporär beanspruchten Flächen) sind aussenstehende Fachleute (vorzugsweise Ingenieurbüros pedologischer, agronomischer oder geologischer Richtung), ausgestattet mit entsprechenden Befugnissen, der Bauleitung zur Verfügung zu stellen. Die beigezogenen Bodenfachleute sollen durch die Fachstelle für Bodenschutz und die Schätzungskommissionen begleitet werden.

.....

Umsetzung der bodenschützerischen Forderungen

Obwohl in den oben dargelegten Auflagen verbindlich festgehalten, zeigte sich bereits bei der ersten Erdbewegung auf dem künftigen Nationalstrassentrasssee, dass die bodenschützerischen Vorgaben weitgehend unberücksichtigt bleiben sollten, und es machte vorerst den Anschein, dass sich die Macht des Stärkeren, in Form schwerer Baumaschinen, gegen die Forderungen des qualitativen Bodenschutzes zugunsten der Erhaltung eines fruchtbaren Bodens durchsetzen würden.

Interventionen verschiedenster Art und auf verschiedenen Ebenen führten nach Abkühlen der erhitzten Gemüter zur Bildung einer Arbeitsgruppe 'Richtlinie Bodenschützerische Baubegleitung' mit Vertretern der Projektleitung, der Bauleitung, des Kant. Tiefbauamtes, des Meliorationsamtes und der Bodenschutzfachstelle und dem mit der bodenschützerischen Begleitung betrauten Ingenieurbüro.

Während eines intensiven Prozesses wurden in der Folge die aufeinander prallenden Interessen klar herausgearbeitet und darauf basierend eine konsensfähige, praktikable und beidseitig anerkannte Richtlinie erarbeitet, die heute Bestandteil des Projekthandbuchs ist, und nach der im Jahre 1994 gearbeitet wurde.

Grundzüge der Richtlinie 'Bodenschützerische Baubegleitung'

Der Aufbau der Richtlinie mit dem Gesamttablauf der bodenschützerischen Baubegleitung ist am besten ersichtlich aus dem abgebildeten Gesamtflussplan: (s. Abb. 1)

Hieraus ist auch die Grobunterteilung in:

- Planungsgrundlagen
- Bauplanung
- Flächenübergabe
- Bauausführung und
- Flächenrückgabe

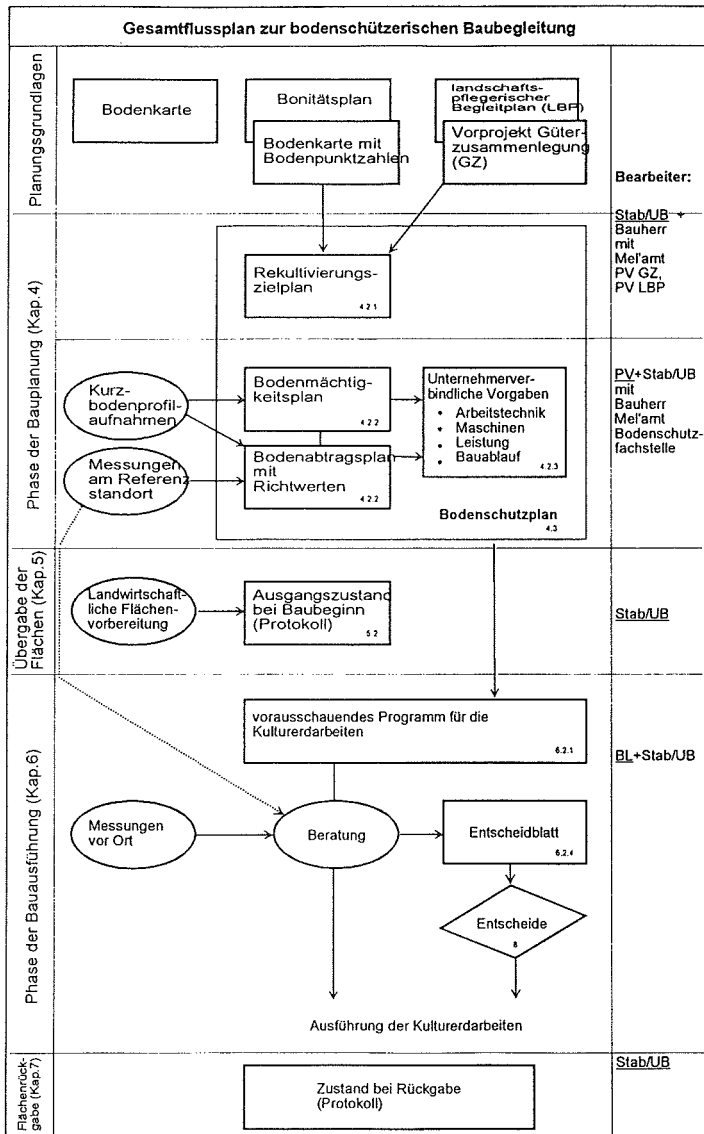
ersichtlich.

Ausgewählte Kernpunkte der bodenschützerischen Baubegleitung

1. Klare Formulierung des Zwecks der Richtlinie:

Ausgehend vom Ziel, *...das Projekt N5 möglichst umweltgerecht im Rahmen der vorgegebenen Termine und Kosten zu realisieren...* und unter Beachtung der Auflagen der Projektgenehmigung wurden unter anderem, folgende Zwecke definiert:

..... *Die vorliegende Richtlinie soll, gestützt auf das Umweltschutzgesetz (USG) und den Regierungsratsbeschluss, durch planerische, organisatorische und bauliche Massnahmen sicherstellen, dass die Bodenfruchtbarkeit auch langfristig erhalten werden kann....*



Stab/UB: Bodenschutz-Sachverständige bei Stab 'Untergrund und Boden'

GEOTEST

Abb. 1: Gesamtflussplan zur bodenschützerischen Baubegleitung

..... Grundsätzlich ist die Kulturerde bei abgetrocknetem Boden und nach Ober- und Unterboden getrennt, abzutragen, sachgerecht zwischenzulagern, aufzutragen und zu rekultivieren.....

2. Optimierte Bauplanung

In der Phase der Bauplanung wird der **Bodenschutzplan** erarbeitet, der aus den Teilen

- Rekultivierungsziel (auf Basis Bodenkarte und erhobener Bodenbonität)
- Bodenmächtigkeits- und Bodenabtragsplan und
- Definierung der Unternehmer-Auflagen

besteht.

Ein wichtiger Teil des Bodenabtragsplanes ist die Festlegung der zulässigen Saugspannungswerte für die jeweiligen Arbeiten, resp. Maschinen auf den jeweils ausgeschiedenen Perimetern gleichartiger Böden.

Bei den unternehmerverbindlichen Auflagen kommt den Vorgaben zu **Maschinenpark** und **Arbeitstechnik**, grosse Bedeutung zu, wobei hier bereits auf die Erfahrungen und Vorgaben der Bodenschutzfachstelle Bern beim Bau des Grauholtztunnels einerseits und auf eigene Erfahrungen beim Rohrleitungsbau andererseits abgestützt werden konnte.

Diese Auflagen haben direkten Einfluss auf die Zeit- und Leistungsvorgaben, indem für den Unternehmer der Soll-Tagesleistung bei schlechten Witterungs- und Bodenbedingungen sehr grosse Bedeutung zukommt, die direkt bei der Offerteingabe zu berücksichtigen ist.

Nach der Vorbereitung der betroffenen Flächen durch Anlegen einer Kunstwiese im Vorjahr und der Übergabe der Fläche durch den Bewirtschafter an den Bauherrn folgt die Bauausführung.

3. Phase der Bauausführung

Hier sind nun die geplanten Massnahmen konkret umzusetzen, und hier entscheidet sich schliesslich auch, ob dem Anliegen des physikalischen Bodenschutzes Erfolg beschieden ist oder nicht.

Es ist die Nagelprobe der Bodenschutz-Verantwortlichen beim Kanton, aber vor allem der Bodenschutz-Sachverständigen auf der Baustelle, wobei zu viel Respekt oder gar Angst vor anrollenden Baumaschinen bei der Entscheidungsfindung zu keinem Parameter werden darf !!!

Die Aufgaben sind folgende:

- Beratung der Bauleitung für bodenschützerische Belange, d.h. unter Bewertung der Witterungs- und bodenspezifischen Bedingungen sind für die Arbeiten mit der Kulturerde bauspezifische Vorgaben zu definieren.
- Überwachung der Kulturerde-Depots und
- Beratung der Bauleitung bei den Rekultivierungsarbeiten

Bei ungünstigen Witterungsbedingungen sind spezielle Massnahmen oder eben die Baueinstellung zu prüfen, resp. zu verlangen.

Bei Unvereinbarkeit der Meinungen wird aufgrund eines definierten Ablaufs entschieden, wobei als oberste Instanz der Kantonsingenieur abschliessend entscheidet.

Erste Erfahrungen

Das oben dargestellte Verfahren kam nach den vorerst nicht befriedigenden, bereits beschriebenen Erfahrungen im Jahre 1993, im verflissenen Jahre 1994 voll zum Tragen.

Beim betroffenen Abschnitt Bleichenberg/Birchitunnel, einer grossflächigen Baustelle, verursacht durch eine Tunnelbaustelle, bewährten sich diese Richtlinien auf weiten Strecken, dies vor allem auch bedingt durch die Anwesenheit kompetenter Bodenschutzfachleute auf der Baustelle, resp. im 'Stab Untergrund und Boden' der Bauleitung. Dies ist ein Punkt, der nicht genug betont werden kann: **Auf der Baustelle und bei der Bauleitung entscheidet die Kompetenz und das Durchsetzungs- und Beharrungsvermögen sowie die Druckfestigkeit der**

Bodenschutzfachperson über das Gelingen der bodenschützerischen Massnahmen!

Als Folge der bodenschützerischen Auflagen wurde auch das Abtragsverfahren modifiziert, indem durch die Bauleitung nach einem Verfahren gesucht wurde, das Abtrag von Kulturerde auch bei schlechten bodenphysikalischen Bedingungen erlaubt. Dies mündete in der Folge in das in Abb. 2 schematisch dargestellte Verfahren mit einem streifenweisen Bodenabtrag mittels Bagger in parallelen Gassen, die zuvor bis auf ein Niveau unter den massgebenden Unterbodenhorizont abgetragen wurden.

So konnte auch der Zeitdruck, meist verursacht durch ungünstige Witterungs- und Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse, ganz massiv verringert werden.

Deutliche Auswirkungen der verbesserten Abtragetechnik unter Beachtung der Saugspannungsvorgaben waren bei den Erd-Deponien 1993 und 1994 zu erkennen, die sich in ihrer Qualität, auch für Laien gut sichtbar, deutlich voneinander unterschieden.

Abtrag der Kulturerde (Schema)

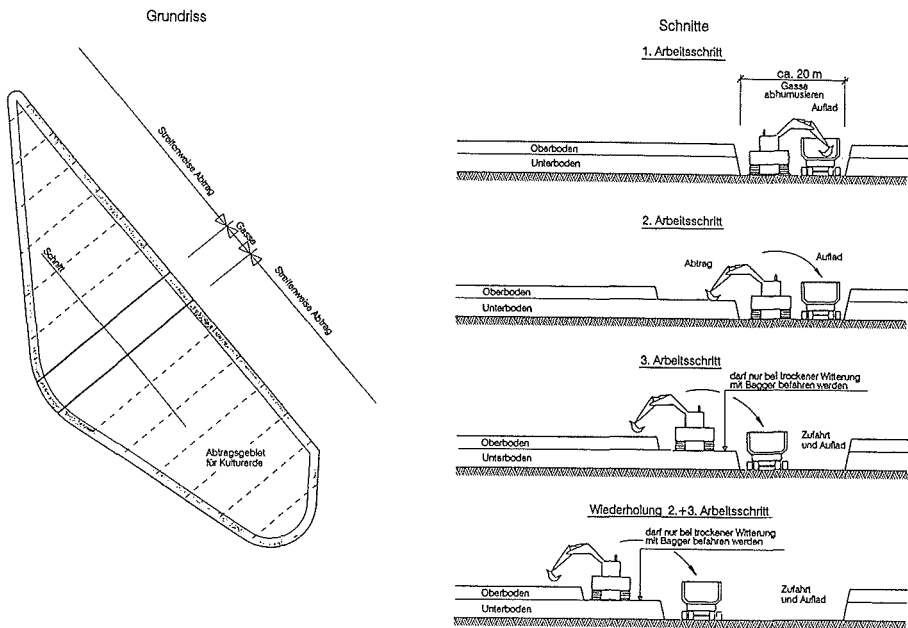


Abb.2: Abtrag der Kulturerde (Schema)

Schlussfolgerungen

Durch den Bodenschutz bei Bauvorhaben eine weitere Randbedingung formuliert, die den Bauvorgang ganz massiv beeinflussen kann, indem nicht nur das aktuelle Witterungsgeschehen in den Bauablauf hineinspielt, sondern auch die manchmal langanhaltenden Phasen hoher Wassergehalte im Boden.

Es ist für Baufachleute nicht unbedingt von Anfang an einsichtig, dass zum Beispiel im Sommer nach einem starken Gewitter, der Boden vielleicht am dritten oder vierten schönen Tag nach diesem Niederschlagsereignis immer noch nicht befahren werden darf, weil die notwendige

Saugspannung noch nicht genügend angestiegen ist.

Es ist aber auch ganz klar festzuhalten, dass nach den notwendigen Gesprächen mit den Verantwortlichen bauseits und der dadurch gewonnenen Einsicht, die verlangten Massnahmen und Einschränkungen weitgehend akzeptiert und umgesetzt wurden.

Entscheidend für die Erfüllung der geforderten, bodenschützerischen Massnahmen ist aber, wie schon einmal deutlich gesagt, die Kompetenz und das Durchsetzungsvermögen der Bodenschutz-Verantwortlichen!

Dank

Gesetze, Verordnungen, Regierungsratsbeschlüsse und was sonst noch an behördlichen Anordnungen möglich sind, können nur vollzogen werden, wenn die Menschen, gleich auf welcher Seite sie stehen, bereit sind, miteinander zu reden, zuzuhören und auch nach einem scharfen Wort- oder Schriftwechsel wieder nach einer Lösung zu suchen.

Es ist mir ein grosses Anliegen, den Vertretern der Bauherrschaft, der Projekt- und Bauleitung, vor allem aber auch den baubegleitenden Bodenschützern für ihre Kooperationsbereitschaft, ihr Verständnis und die fruchtbaren Auseinandersetzungen zu danken!

Wichtigste Unterlagen

- Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates des Kantons Solothurn vom 15. Oktober 1991, Nr. 3154: Genehmigung des Ausführungsprojektes der Nationalstrasse N5 (Teilstrecke Nennigkofen–Zuchwil. Behandlung der Einsprachen).
- Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen (Bodenschutzrichtlinien) vom 14. Mai 1993. Bundesamt für Energiewirtschaft BEW, Bern.
- Kanton Solothurn, Büro für Nationalstrassen: Richtlinie für die bodenschützerische Baubegleitung beim Autobahnbau N5. GEOTEST, Aetingen und Zollikofen, 1994.
- Kanton Solothurn, Büro für Nationalstrassen: Bodenschützerische Begleitplanung für die Kulturerdearbeiten Enge Biberist 1994. GEOTEST, Aetingen und Zollikofen, 1994.
- UVP bei Strassenverkehrsanlagen. Mitteilungen zur Umweltverträglichkeitsprüfung, Nr. 7, BUWAL, 1992.

PHYSIKALISCHER BODENSCHUTZ IN DER LANDWIRTSCHAFT

Wolfgang G. Sturny

Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern, Gesellschaftsstr. 78, 3012 Bern

Résumé

Protection physique du sol dans l'agriculture

Le sol demande plus que jamais à être protégé. Les facteurs suivants tendent de plus en plus à dégrader la structure du sol:

- mécanisation puissante et intensive,
- nombreux passages avec des machines,
- techniques culturales trop déséquilibrées,
- passages et travaux dans de mauvaises conditions du sol.

Le travail du sol ne connaît pas de recettes universelles. Chaque intervention doit être adaptée aux conditions locales. L'agriculteur doit donc choisir son assolement, ses techniques culturales - de plus en plus sans labour - et ses machines en tenant compte des exigences écologiques. La porosité du sol n'est pas uniquement affectée par le travail du sol. Elle subit aussi le poids des véhicules, ce qui influence le régime de l'eau et de l'air, le cycle des éléments nutritifs et toute la vie du sol. En choisissant correctement le moment, ainsi qu'une modification des paramètres du véhicule (poids, pneumatiques, écartement de voie), on peut toutefois diminuer, voire exclure, les dégâts à la structure du sol.

1. Einleitung

Die herkömmliche, meist intensive Pflanzenproduktion wird zu einem zunehmenden Problem für unsere Kulturböden und unsere Umwelt. Verschiedene Messungen (z.B. Nitratgehalte im Grundwasser; Wasserinfiltration; Bodenabtrag; Regenwurmätigkeit) dokumentieren die gegenwärtige Bodenstrapazierung durch zu intensive Bewirtschaftung (leistungsfähige, schwere Feldmechanisierung), welche eine graduelle Verschlechterung der Bodenstruktur und der biologischen Aktivität verursachen. Der Zusammenhalt der Bodenkrümel ist insbesondere den zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsmaschinen nicht mehr gewachsen - die Feinerde wird vermehrt sortiert. Infolge beeinträchtigter Filter-, Sicker- und Speicherfunktion des Bodens gelangen vermehrt Nitrat und Hilfsstoffe ins Grundwasser und in die Oberflächengewässer. Ferner nehmen Bodenerosion und Überschwemmungsschäden zu. Alle diese Erscheinungen stehen in einem engen Zusammenhang!

Die Bestrebungen müssen nun in erster Linie im Bereich Erhaltung und Wiederherstellung eines INTAKTEN PORENSYSTEMS liegen. Eine solchermassen stabile Bodenstruktur weist eine hohe biologische Aktivität auf und erfüllt mit den Oberflächen der gesunden Krümel wichtige Adsorptionsaufgaben: dadurch werden die Filtereigenschaften des Bodens verbessert. Ohne diese Voraussetzung bleiben alle Folgeprogramme wirkungslos. Hierbei stehen Anpassungen bei der Bodenbearbeitung im Vordergrund, d.h. in erster Linie pfluglose Anbausysteme. Daher wurden in den letzten Jahren von verschiedenen landwirtschaftlichen Institutionen neue, bodenschonende Bestellverfahren entwickelt.

2. Bodenbearbeitungsfehler und ihre Folgen

2.1. Unangemessene Bodenfeuchte

Den Erfolg einer Bodenbearbeitung bestimmen massgeblich die Korngrößenverteilung und der Wassergehalt des Bodens, also seine Bearbeitbarkeit.

Wird der Boden in zu trockenem Zustand bearbeitet, muss er meistens mit grossem Aufwand zerkleinert werden. Durch wiederholtes „Pulverisieren“ und „Homogenisieren“ des Bodens wird seine Struktur zerstört. Überschreitet dagegen der Wassergehalt des Bodens die Ausrollgrenze, werden die Mineralteilchen durch zwischengelagertes Wasser gegeneinander beweglich. Bei einer mechanischen Belastung bricht der Boden nicht mehr auseinander, sondern verformt sich plastisch und verschmiert. Es resultiert ein gehemmtes Wurzelwachstum.

Mit zunehmendem Ton- und Schluffgehalt engt die Bodenfeuchte den Bereich, in dem ein Boden bearbeitbar ist, immer stärker ein. Bereits 1878 - 1885 wies HOPPENSTEDT (zit. aus ROEMER und SCHEFFER, 1959) in seinen Weizenversuchen auf Lehm Boden einen Minderertrag von rund 25% durch Pflügen bei nassem Boden nach. Wird ausserdem ein Ackerboden z.B. mit schweren Erntemaschinen bei zu nassen Bodenbedingungen befahren, so werden die Sickerporen zerstört. In der Folge staut sich das Niederschlagswasser in den Fahrspuren oder fliesst oberflächlich ab. Damit wird weniger Wasser konserviert, welches möglicherweise in der folgenden Vegetationsperiode zum limitierenden Wachstumsfaktor werden kann...

Generell ist der Pflug bei abgetrocknetem Boden und warmen Bedingungen einzusetzen (Abb. 1); die Bodenlebewesen werden anschliessend die Struktur durch „Lebendverbauung“ wieder stabilisieren. Durch Pflügen bei Frost, wenn das Leben im Boden erstarrt ist und der Boden in garelosem Zustand bearbeitet wird, wird seine Fruchtbarkeit nachhaltig geschädigt.

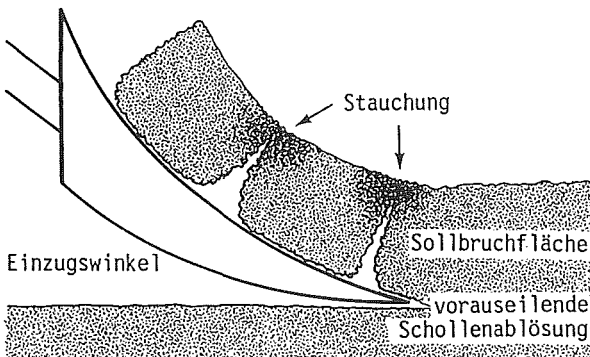


Abb. 1: Bei optimaler Bodenfeuchte und idealem Einzugswinkel bricht der Boden vor dem Arbeitswerkzeug, er wird nicht abgeschnitten und kann nach oben ausweichen (vorausseilende Schollenablösung durch das Schar).

(nach VÖKT, 1992)

2.2. Zu tiefe Bearbeitung

Deutsche Untersuchungen bestätigen, dass sich die Bildung der schädlichen Pflugsohlen in den vergangenen Jahrzehnten in tiefere Zonen verlagert hat (Abb. 2). Gleichzeitig haben in diesem Bereich die Bodendichte zu- und das Porenvolumen abgenommen.

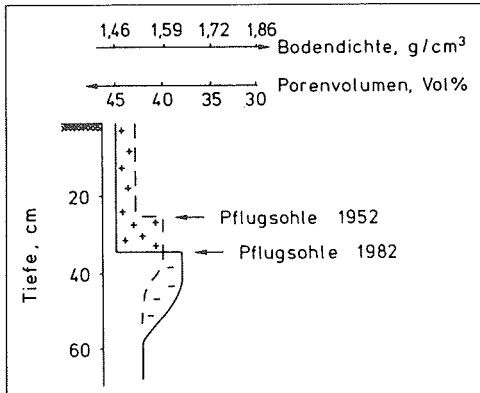


Abb. 2: Einfluss des Pflügens auf Bodendichte und Porenvolumen in Ackerkrume und Unterboden, in den Jahren 1952 und 1982

(nach RUHM, 1983)

Die Pflugsohle ist eine Zone mit gehemmter Wasser- und Luftdurchlässigkeit. Beim Pflügen wird über dieser Schicht vermehrt organisches Material eingegraben. Durch den Abbau dieses Materials wird Sauerstoff verbraucht und dadurch der Luftmangel zusätzlich verstärkt. Bei anaerobem Abbau entstehen wachstumshemmende Stoffe. „Strohmatratzen“ werden von den Pflanzenwurzeln gemieden und behindern die Wasserversorgung. Abhilfe schafft das flache Einarbeiten von gleichmässig zerkleinertem und verteilttem Stroh.

Laufen die Antriebsräder auf dem Furchengrund, werden infolge der steigenden Gewichte und Leistungen der Traktoren - besonders bei hohem Bodendruck und Radschlupf unter feuchten Bedingungen - mächtige Unterbodenverdichtungen ausgelöst. Wird nach einer entsprechenden Tieflockerung der Boden anschliessend nicht sehr schonend bewirtschaftet, so wird die gefügelabile Bodenstruktur zunehmend tiefer verdichtet - ein Teufelskreis! Allgemein wird mit Pflugersatzgeräten wie Grubber zu tief gelockert, bedeutet dies doch einen massiven Bodeneingriff.

Aus agronomischer Sicht ist es unnötig, tiefer als 25 cm zu pflügen. Schädliche Unterbodenverdichtungen bleiben weitgehend aus, wenn die Antriebsräder auf der bewachsenen und tragfähigen Bodenoberfläche ausserhalb der Furche laufen. Erfreulicherweise sind nun dementsprechende Offset-Pflüge in der Schweiz erhältlich.

2.3. Zu intensive Grundbodenbearbeitung

Gegenüber einem bewachsenen Boden ist eine überlockerte und dadurch voluminöse, nicht abgesetzte Ackerkrume verdichtungsanfällig. Häufig ist daher nach dem Pflügen eine tiefere Bearbeitung erforderlich, um vor allem die Fahrspuren, die bei der Saatbettbereitung entstehen, zu beseitigen und den Boden über die gesamte Ackerkrume rückzuverfestigen. Dies, weil in modernen Fruchtfolgen oft nur knappe Zeitspannen für Bodenbearbeitung und Saat zur Verfügung stehen und der Bauer nicht warten kann, bis sich die „Saatfurche“ natürlich abgesetzt hat. Ausserdem verursacht jeder Pflugeinsatz durch seine wendende und mischende Wirkung eine massive Störung von Lebewesen und damit biologischer Aktivität - ähnlich einem Erdbeben.

2.4. Zu feine Saatbettbereitung

Falsch eingesetzte moderne Technik und unnötiger Perfektionismus führen oft zu einem viel zu feinen Saatbett und damit zu schweren Strukturschäden des Bodens. Durch Sortieren

der Bodenteilchen mit rotierenden Bodenbearbeitungswerkzeugen können diese oftmals nicht direkt ersichtlichen Schäden, wie innere Verdichtung oder gar Zerstörung der Bodenkrümel, zu Bodenverdichtungen führen: diese sind insbesondere bei Fahrspuren in Hanglagen der Beginn jeder Erosion. Hauptsächlich nach der Saat besteht bei fehlender Pflanzendecke die Gefahr, dass die gefügelabile Bodenoberfläche im Wechsel von Niederschlägen und nachfolgendem Austrocknen zuerst verschlämmt und danach verkrustet. Jeder Geräteeinsatz ist deshalb auf seine Notwendigkeit hin zu überprüfen, zumal „zwischen Bearbeitungsintensität und Pflanzenertrag keine direkte Beziehung besteht“ (DAMBROTH, 1984).

Im Gegensatz zur landläufigen Meinung bestätigen Versuchsergebnisse sowie grossflächige Praxiseinsätze, dass ein feines Saatbett und der damit verbundene hohe Feldaufgang allein noch keinen hohen Ertrag garantieren. Im Gegenteil: bei reduzierter Bearbeitungsintensität konnten sogar höhere Erträge erzielt werden (STURNY; 1990). Viele der Bodenbearbeitungsmassnahmen dienen nicht dem Pflanzenwachstum, sondern der Funktionsstüchtigkeit der nachfolgenden Arbeitsgänge, wie etwa die Drillsaat.

2.5. Krümelzerstörung durch Zapfwellengeräte

Wird durch zu hohe „Schlagkraft“, d.h. Umdrehgeschwindigkeiten der Werkzeuge von Zapfwellengeräten in den Boden eingegriffen, so werden die Krümel zerquetscht, die schützenden Humushüllen zerstört und die Bestandteile der Krümel (Sand, Schluff, Ton, Humus) miteinander vermischt (Abb. 3).

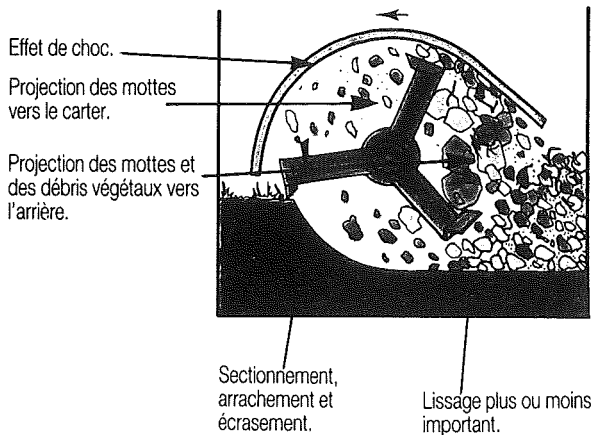


Abb. 3: Zapfwellengeräte, mit ihrer stechenden, schlagenden, reibenden und schleudernden Wirkung, erfordern eine anspruchsvolle Bedienung wegen Gefährdung der Bodenstruktur.

(nach ITCF, 1992)

Es entsteht ein unstrukturierter Brei. Die Feinerde lagert sich direkt an Pflanzenwurzeln an und kann diese verkleben, so dass sie keinen Sauerstoff mehr bekommen und ersticken. Der Boden verklumpt, verschlämmt und erodiert, Nährstoffe werden abgeschwemmt, die Filterfähigkeit des Bodens sowie seine Durchlässigkeit werden zerstört. Insbesondere die mit Winkelmesser ausgestattete Bodenfräse bewirkt üblicherweise boden- und pflanzenschädigende Schmierschichten.

Strukturschäden können weitgehend vermieden werden, wenn bei zapfwellengetriebenen Geräten die Fahrgeschwindigkeit des einzigen Arbeitsganges erhöht und die Rotordrehzahl reduziert sowie bei gezogenen Geräten die Arbeitsgänge auf das absolut notwendige Minimum beschränkt werden.

3. Ziele für einen wirksamen physikalischen Bodenschutz

3.1. Schutz vor Verdichtung und Erosion

Die biologische Verleimung der Bodenbestandteile sowie die durch die Bodenlebewesen verbauten, kontinuierlichen Hohlräume vermindern die Sortierung und die Erosion der Bodenteilchen dank einer stabilen Krümelstruktur mit intakten Bodenaggregaten. - Andernfalls werden bei einer nicht offensichtlichen, inneren Erosion die Grobporen durch abschwemmbar Bodenteilchen verstopft. In der Folge wird die Infiltration reduziert, das Wasser läuft zunehmend oberflächlich ab, gewinnt an Geschwindigkeit und reisst dadurch bedeutende Erdmengen mit.

3.2. Schutz vor Abschwemmung („run off“)

Das Wiederherstellen und Stabilisieren der Struktur des Bodens fördert sein Infiltrationsvermögen. In unserer eher feuchten Klimazone sind es insbesondere die Regenwürmer, welche die Bodenneubildung fördern und vertikale Röhren graben, durch welche überschüssiges Wasser abfließen kann.

3.3. Schutz vor Auswaschung („leaching“)

Ein stabile und intakte Bodenstruktur dient als Kugelbettfilter, um in ihrem Innern gelöste Stoffe vorübergehend zu konservieren - bis die Wurzeln eine Saugspannung anlegen (VÖKT, 1992). Aus 15-jährigen Direktsaatversuchen in Deutschland (TEBRÜGGE und BÖHRNSEN, 1995) geht hervor, dass bei einem vertikal ausgerichteten kontinuierlichen Porensystem das Überschusswasser nach Niederschlagsereignissen sehr zügig abgeleitet wird, ohne das Nitrat aus der Bodenmatrix mitzuführen („by-pass effect“).

4. Anforderungen des physikalischen Bodenschutzes

Folgende Anforderungen stellen sich an bodenschonende Bewirtschaftungsmassnahmen - d.h. konservierende Bodenbearbeitungsverfahren ohne Pflug bis hin zur Direktsaat -, damit sich die Bodenstruktur regenerieren und die Filtereigenschaften dadurch verbessern können:

- Eine geringe Bodenbewegung: Dadurch wird eine Pflugsohlenbildung verhindert und die Struktur des Bodens bei der Feldbestellung nur wenig mechanisch belastet - seine Funktionen bleiben weitgehend erhalten. Durch die längere Bodenruhe entsteht eine höhere biologische Aktivität, die die Stabilität der Bodenaggregate fördert („Lebendverbauung“ durch Bodenorganismen). So wird die gesamte Bodenstruktur günstig beeinflusst: dank Porenkontinuität wirkt sich dies positiv auf das Infiltrationsvermögen des Bodens und die Luftdurchlässigkeit des Porensystems aus.

- Eine nahezu ganzjährige Bodenbedeckung, bestehend aus lebenden Pflanzen und/oder abgestorbenen Pflanzenresten: Diese bodenschützende Schicht und die geringe Eingriffsintensität der Maschinen reduzieren die Wasserverdunstung, die Verschlammung und die Erosionsgefährdung sowie den Humusabbau (Moorboden!). Nährstoffverluste durch Auswaschung (Nitrat ins Grundwasser) oder Oberflächenabfluss (Phosphor in Gewässer) werden reduziert. Überdies werden die Wachstumsbedingungen für eine neukeimende Begleitflora eingeschränkt.

- Eine verbesserte mechanische Tragfähigkeit des Bodens, d.h. Befahrbarkeit der Ackerkrume: Dank den gezielten Maschineneinsätzen mit meist spezieller Bestelltechnik und der damit verbundenen Reduktion der Feldüberfahrten bleibt der biologische Lebendverbau grösstenteils erhalten. Die Tragfähigkeit des Bodens ist dadurch auch für die Pflege- und Erntemassnahmen der Kulturpflanzen erhöht. Dank intensiverer Durchwurzelung und erhöhter Krümelstabilität erträgt der Boden Druckbelastungen besser.

- Eine IP-konforme Bewirtschaftung der Äcker: Die neuen bodenschonenden Anbausysteme entsprechen allen diesen Anforderungen, ebenso denjenigen der Integrierten Produktion. Für eine grossflächige Umsetzung in die Praxis ist dies umso entscheidender, als dies zu Beiträgen für besondere ökologische Leistungen in der Landwirtschaft berechtigt (Öko-Beitragsverordnung nach Art. 31b des Eidg. Landwirtschaftsgesetzes).

5. Feldbestelltechnische Lösungsmöglichkeiten (nach STURNY, 1993)

5.1. Konservierende Bodenbearbeitung

Hauptmerkmal der konservierenden Bodenbearbeitung (amerik. = „conservation tillage“) ist der Verzicht auf die wendende Pflugarbeit, mit dem Ziel, den Boden, das Wasser und die Nährstoffe zu bewahren, zu „konservieren“.

Die Ernterückstände oder Pflanzenreste der Haupt- bzw. Zwischenfrucht bleiben auf oder nahe der Ackeroberfläche, und der Boden wird weniger intensiv bearbeitet. Anstelle eines zapfwellengetriebenen Gerätes wird vermehrt ein gezogenes eingesetzt; es wird weniger tief, weniger häufig und nicht immer ganzflächig bearbeitet.

Tief wird der Boden nur bei Bedarf gelockert (Spatenprobe!), und zwar mit nichtwendenden Geräten wie Grubber, Schichtengrubber oder Parapflug. Definitionsgemäss müssen nach der Saat mindestens 30% der Bodenoberfläche mit Pflanzenresten (Mulch) bedeckt sein.

5.1.1. Mulchsaat

Zur Mulchsaat bieten sich zwei Verfahren an:

- Mulchsaat mit Saatbettbereitung: Saat in ganzflächig eingearbeitete Pflanzenreste. Nach der Bearbeitung mit geeigneten Geräten werden je nach Art und Menge der Pflanzenreste herkömmliche oder modifizierte Sämaschinen (z.B. mit Scheibensächaren) eingesetzt, häufig kombiniert mit dem Bearbeitungsgerät.

- Mulchsaat ohne Saatbettbereitung: Saat in unbearbeitete, höchstens streifenförmig eingearbeitete abgestorbene Pflanzenreste. Hierzu werden Sämaschinen mit speziellen Scheiben-, Zinken- oder Kufensächaren eingesetzt. Diese sind häufig kombiniert mit zusätzlichen Vorwerkzeugen wie Räum- und Schneidscheiben oder Scheibensechen bzw. Fräskörpern. Zahlreiche Fabrikate lassen sich durch Austausch von Säscharen, Zustreichern und Druckrollen mit geringem Aufwand umrüsten.

5.1.2. Streifenfrässaat bei Mais

In Wiesenbestände werden nach dem Frühjahrsschnitt 30 cm breite Saatstreifen mit einer Bestellkombination eingefräst. Zwischen den Reihen bleibt die Grasnarbe weitgehend erhalten.

Im gleichen Arbeitsgang wird der Boden mit einem Grubberzinken gelockert und das Saatgut, der Dünger sowie nötigenfalls das Herbizid in die Saatstreifen eingebracht. Die spätere Pflege des Zwischenreihenbewuchses erfolgt bei genügendem Wasserangebot mechanisch durch Mulchen („Maiswiese“) oder bei knapper Wasserversorgung chemisch durch Herbizide.

5.1.3. Direktmulchlegen bei Kartoffeln

Im Vorjahr werden nach der Getreideernte und Stoppelbearbeitung die Erddämme vorgezogen und mit einer Zwischenfrucht begrünt. Im Frühjahr werden die Kartoffeln direkt in die mit Mulch bedeckten Dämme gelegt. Bei winterharten Zwischenfrüchten müssen diese vor dem Pflanztermin abgeschlegelt oder chemisch reguliert werden. Die Pflanzenreste bleiben als bodenschützende Mulchschicht liegen.

5.2. Direktsaat

Direktsaat (amerik. = „no tillage“) bedeutet Ablage des Saatgutes in einen - seit der Ernte der vorhergehenden Hauptfrucht - absolut unbearbeiteten und somit ungestörten Boden. Es erfolgt also weder eine Stoppelbearbeitung noch eine Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung. Sofern das Stroh nicht abgefahren wird, verbleiben alle Ernterückstände an der Bodenoberfläche. Diese erfordern spezielle Direktsämaschinen, welche mit Hilfe von Meissel- oder Scheibensäscharen Säschlitze öffnen, in die das Saatgut abgelegt wird. Anschliessend wird dieses mit einem Gemisch aus Boden und Pflanzenresten bedeckt. Die Regulierung der Begleitflora erfolgt entweder vor der Saat mit einem Totalherbizid oder nach der Saat mit einem für die jeweilige Kultur gebräuchlichen Herbizid.

6. Schlussbetrachtungen

Insgesamt können wir festhalten, dass der Boden durch die vermehrt aggressive Handlungsweise unaufhaltsam belastet wird. Eine schwere Mechanisierung steht klar im Widerspruch zur Bodenschonung. Die gegenwärtigen landtechnischen Entwicklungen weisen jedoch in Richtung deutlich schwererer Mechanisierungsverfahren. Dazu muss aber unbedingt die Tragfähigkeit des Bodens erhöht werden. Das Ziel ist die Stabilisierung der Struktur.

Neue bodenschonende Anbausysteme ohne Pflugeinsatz sind jedoch anspruchsvoll und erfordern vom Betriebsleiter ein Umdenken und genaues Beobachten, d.h. ein neues Management. Dank finanziellen Anreizen werden seit einigen Jahren in Nitratgebieten der Kantone Aargau und Bern auf mehreren hundert Hektaren Direktsaaten durchgeführt.

Es zeigt sich, dass in unseren Breitengraden für pfluglose Verfahren eine Bodenstruktur-Vorbereitung für die Direktsaat meistens unerlässlich ist. In dieser Umstellungsphase gilt es, Schadverdichtungen zu beheben, insbesondere beim Übergang von der Ackerkrume zum Unterboden. Die Ertragsschwankungen und Risiken sind am Anfang unterschiedlich gross und nehmen mit der Zeit ab, bis sich nach einigen Jahren im Boden ein „dynamisches Fließgleichgewicht“, ein intaktes Porensystem und eine ausreichende biologische Aktivität einstellt.

Im Hinblick auf die Einführung des Artikels über „physikalischen Bodenschutz“ im künftigen neuen Umweltschutzgesetz gilt es, vorerst Projekte gezielt in erosions- und nitratgefährdeten Gebieten mittels Anreizstrategie finanziell zu fördern. Die „Bernische Agrarstrategie 2000“ beinhaltet u.a. eine solche prioritäre Anreizmassnahme zur Förderung bodenschonender, pflugloser Anbausysteme. Die Umsetzung dieser Massnahme bedingt jedoch die Modifizierung der bestehenden Bodenschutzverordnung, die demnächst vom Regierungsrat verabschiedet werden sollte.

Somit bestehen im Kanton Bern berechnete Hoffnungen, das über Jahrtausende entwickelte Phänomen „Boden“ im Einklang mit der Natur unter reduziertem Energieaufwand schonender zu nutzen, was langfristig am wirtschaftlichsten sein wird. Dies auch im Interesse künftiger Generationen!

7. Literatur

- DAMBROTH, M., 1984: Konservierende Bodenbearbeitung auch im Kartoffelbau. Der Kartoffelbau 35 (2), 62 - 64.
- ITCF (Institut Technique des Céréales et des Fourrages), 1992: Choisir les outils de travail du sol. 2è édition. Editions ITCF, Boigneville, 195 p.
- ROEMER, Th., und SCHEFFER, F., 1959: Lehrbuch des Ackerbaues. 5. Auflage. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 274 - 275.
- RUHM, E., 1983: Schlechte Voraussetzungen für eine gute Ernte. Hannoversche land- und forstwirtschaftliche Zeitung 136 (4), 3 - 4.
- STURNY, W.G., 1990: Saatbettbereitung - grob oder fein? FAT-Berichte 392, 12 S.
- STURNY, W.G., 1993: Bodenbearbeitung - eine umfassende Übersicht. Landwirtschaft Schweiz 6 (3), 153 - 168.
- TEBRÜGGE, F., und BÖHRNSEN, A., 1995: Direktsaat - Auswirkungen auf bodenökologische Faktoren und Ökonomie. Landtechnik 50 (1), 6 - 7.
- VÖKT, U., 1992: Persönliche Mitteilung. Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern.

La protection des sols contre les atteintes physiques - Point de vue de l'OFEFP (*Résumé de l'intervention de la section sol et biologie générale de l'OFEFP à l'occasion du 20^{ème} anniversaire de la SSP à Berne, le 17 mars 1995*).

Révision en cours de la LPE - état au printemps 1995

La Commission des Etats et la Commission du National ont achevé leurs travaux . La protection des sols contre les atteintes physiques se précise. Pour l'instant , le projet présenté dans le Message du Conseil Fédéral n'a pas été modifié; mais les travaux de révision, y compris la mise sur pieds des ordonnances, dureront certainement jusqu'à l'an 2000.

Atteintes physiques visées

Ces thèmes viennent d'être développés par des représentants des instances cantonales chargées de l'application de l'Osol, c'est pourquoi je vais juste préciser quelques principes ou priorités de notre office.

Compactage: nous (Confédération) entendons prévenir l'altération durable de la fertilité par le compactage du sous-sol.

Erosion: nous (Confédération) entendons proscrire des utilisations inadéquates et ou prescrire des mesures antiérosives dans le cadre de certains travaux d'aménagements du territoire ou foncier.

Minéralisation: nous (Confédération) entendons prescrire des mesures dans le cadre de travaux de régulation des eaux dans les terres tourbeuses.

Décapages: nous (Confédération) entendons établir des recommandations ou prescrire des cahiers des charges en fonction du type de travaux publics concernés.

Principe de base pour la prévention des atteintes physiques

Les compétences de la Confédération en matière de prescription seront réparties en fonction du domaine visé entre les offices concernés, p. ex. agriculture, forêt, transports, énergie, environnement, etc.

Programme d'activités 1995 - 2000 de la section sol et biologie générale

- Publication, en collaboration avec l'office fédéral des routes, d'une notice technique sur les matériaux terreux et les sols, rédigée par C. Salm, TERRE (1995).
 - Réalisation d'une vidéo sur la protection des sols pour les responsables des chantiers, en complément à la notice SALM (1997). A ce propos signalons un projet vidéo du SRVA sur la protection des sols dans l'agriculture.
 - Mise à jour de l'information EIE - chapitre sol, no 6, mars 1991 en collaboration avec un petit groupe d'experts pour 1996.
 - Rédaction des thèses OFEFP sur la prévention des atteintes physiques aux sols et mise en place de travaux de développement méthodologique, selon le calendrier suivant:
 - 1995: Brainstorming durant l'été avec un groupe restreint de spécialistes de toute la Suisse.
 - > 1996: Soutien des travaux de développement de méthodes d'appréciation pratique des atteintes physiques, p. ex. collaboration avec la FAL et la FAT.
- Objectif: disposer, à l'entrée en vigueur des ordonnances, directives ou autres instructions, d'une palette de méthode d'appréciation (horizon 2000).

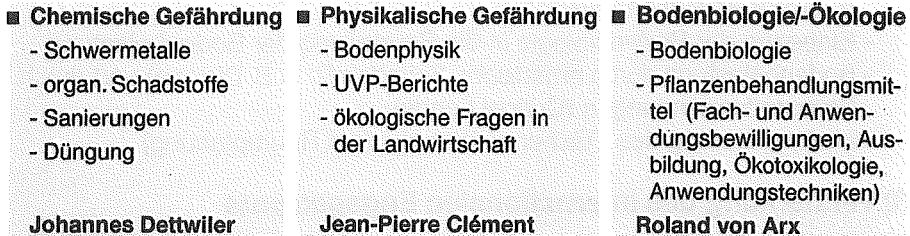
Dès l'entrée en vigueur de la nouvelle LPE, les textes d'ordonnances, de directives, d'instructions ou d'aide à la décision devront être mis en consultation sans tarder. Cela signifie que le dernier quinquennat du millénaire sera très chargé et que nous aurons besoin des idées, des conseils et de la participation active de tous les membres de la SSP, et en particulier des membres du groupe protection des sols de la SSP. Ce groupe sera, en dehors de l'administration fédérale et des administrations cantonales, notre forum privilégié pour débattre et développer la philosophie et les principes de la protection physique des sols. Nous appelons donc tous les membres de la SSP qui se sentent concernés par la protection des sols contre les atteintes physiques à s'engager et à participer activement.

Wer befasst sich im BUWAL mit Bodenschutz?

Sektion Boden und allgemeine Biologie

Strategien und Entwicklung, Siedlungsräume

Jürg Zihler, Chef der Sektion



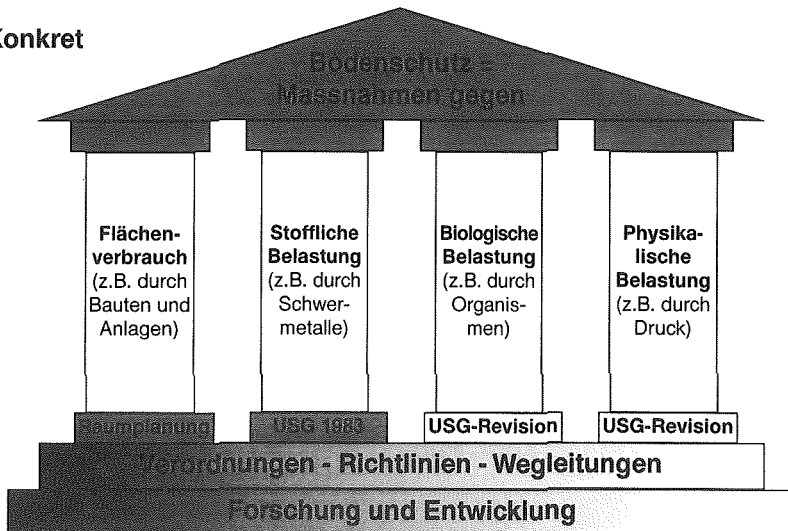
Juristische Begleitung im Bodenschutz

Christoph Zäch,
Chef Abteilung Recht

Bodenschutz: um was geht es?

Langfristige Erhaltung der Fruchtbarkeit des Bodens d.h. der obersten unversiegelten Erdschicht, in der Pflanzen wachsen können

Konkret



Wichtige Schwerpunkte der nächsten 10 Jahre

1) Gesetzgebung: Umsetzung USG-Revision

- Ergänzung der VSBO durch Vorschriften über biologische und physikalische Belastungen und die Sanierung schadstoffbelasteter Böden

2) Fachliche Schwerpunkte:

- Physikalische Bodenbelastungen (Umgang mit Kulturerde, bodenverträgliche Bewirtschaftung)
- Einbezug der Bodenbiologie in die Beurteilung der Bodenbelastung
- Bodenbelastung durch organische Schadstoffe (z.B. Dioxine) und durch Stickstoffverbindungen (Critical Loads)
- Minimalisierung des Flächenverbrauchs (mit Raumplanung)

3) Verstärkung des internationalen Engagements

4) Schaffung einer Bodenschutzlobby

Vollzug mit drei Schwerpunkten

1. SCHWERPUNKT:

Stärkung des kant. Vollzugs auf einheitlichen Grundlagen

Mittel:

- **Vollzugshilfen zu wichtigen Bodenschutzproblemen** (Wegleitungen, Richtlinien, Mitteilungen)
- **Fachtagungen über aktuelle Bodenschutzthemen**
- **Regelmässige Aussprachen mit Kantonen**
- **Spezielle Dienstleistungen für Kantone** (z.B. Drehscheibe für neue Literatur, Ringversuche, Mitarbeit in kantonalen und interkantonalen Arbeitsgruppen)
- **Steter Einbezug der kant. Fachstellen in Arbeiten des Bundes**

2. SCHWERPUNKT: Gewährleistung des Bodenschutzes bei allen bodenrelevanten Tätigkeiten

Mittel:

- **Verankerung des Bodenschutzes in anderen bodenrelevanten Gesetzgebungen**
(z.B. Luftreinhaltung, Landwirtschaftsgesetzgebung)
- **Sicherstellung des Bodenschutzes bei Bundesaufgaben**
z.B. bei Verkehrsbauten (Strasse, Schiene), Rohrleitungen, Militäranlagen (Schiessplätze)
- **Vereinbarungen mit Industrie und Handel**
z.B. Absprache bezüglich Angebot von Düngern und Pflanzenbehandlungsmitteln (PBM) für Hobbygärtner
- **Gezielte Information und Beratung der Öffentlichkeit**
z.B. Aktionen: "Gsundi Gärten - Gsundi Umwelt" bzw.
"Gib dem Unkraut eine Chance"

3. SCHWERPUNKT: Einbinden aller Bodenschutzakteure in den Vollzug

Mittel:

- **Engagement von Fachverbänden im Vollzug**
(z.B. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz)
- **Zusammenarbeit mit der landwirtschaftlichen Beratung**, z.B.
 - . Regelmässige BUWAL-Auftritte bei Tagungen der Beratung
 - . Gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit (z.B. Merkblatt Spatenprobe)
- **Enge Kontakte mit den Institutionen der Bodenforschung**
im Hinblick auf die Bearbeitung von Vollzugsproblemen und die Vernetzung dieser Institutionen
- **Mitarbeit bei Umweltschutzaktivitäten der Industrie**
(z.B. Merkblätter SGCI)
- **Kontakte mit Privatbüros**, die z.B. UVP erstellen, im Hinblick auf die sachgerechte Bearbeitung der Bodenschutzaspekte

Physikalischer Bodenschutz und die Kluft zwischen Physik und Bodenschutz

Rainer Schulin, Prof. für Bodenschutz, Institut für terrestrische Ökologie, ETH Zürich
Grabenstr. 11a, 8952 Schlieren

Verhältnis zwischen Grundlagen und Vollzug im physikalischen Bodenschutz

Durch die Interessenkonflikte zwischen Bodenschutz und Gasleitungsbau, sowie mit der Revision des Umweltschutzgesetzes hat die Problematik des physikalischen Bodenschutzes in jüngster Zeit stark an Aktualität gewonnen. Insbesondere die Diskussion um die provisorischen Richtlinien des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW, 1993) hat dabei auch das Spannungsfeld deutlich werden lassen, in dem sich der physikalische Bodenschutz als wissenschaftliche Disziplin befindet. Bodenschutz ist seinem Charakter nach grundsätzlich auf Vorsorge ausgerichtet, da Beeinträchtigungen des Bodens in der Regel durch ihre langfristigen und weniger durch ihre Folgen für Mensch und Umwelt relevant sind und weil gravierende Schädigungen in der Regel kaum oder nur mit grossem Aufwand an Arbeit und Zeit wieder zu beheben sind. Dies gilt auch für mechanisch verursachte Strukturschäden im Unterboden.

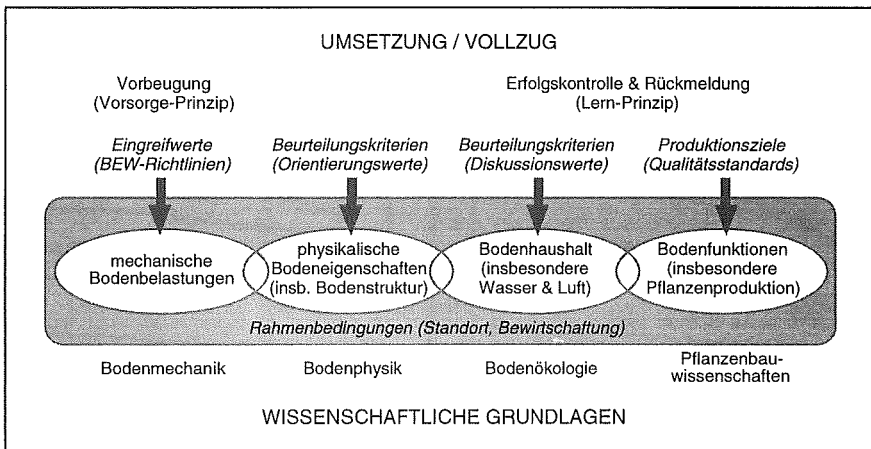


Abbildung 1. Beziehungen zwischen Vollzug und wissenschaftlichen Grundlagen im physikalischen Bodenschutz.

Das Problem des physikalischen Bodenschutzes besteht darin, dass es auf der einen Seite notwendig ist, eine Schädigung der Unterböden durch übermässige Belastung durch vorbeugendes Eingreifen zu verhüten, dass aber andererseits die wissenschaftlichen Grundlagen, auf die sich solche Eingriffe letztlich abstützen müssen, in verschiedener Hinsicht ungenügend sind. So können heute im Prinzip anhand bodenphysikalischer Parameter wohl "Orientierungswerte" – im Sinne von

Scholles (1992) als noch in der wissenschaftlichen Diskussion befindliche Empfehlungen – zur Beurteilung der Bodenstruktur in bezug auf ihre Bedeutung für den Luft- und Wasserhaushalt eines Standorts angegeben werden. Es ist jedoch praktisch keine Erfahrungsgrundlage vorhanden, um die Auswirkungen einer bestimmten mechanischen Beanspruchung des Bodens auf die Bodenstruktur vorherzusagen. Ebenso problematisch ist es, Standards zur quantitativen Beurteilung einer Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit und damit zur ökologischen Bewertung von Strukturschäden zu formulieren (Schulin, 1993). Die Verbindlichkeit solcher Standards ist grundsätzlich nur die von "Diskussionswerten" im Sinne von Scholles (1992). Abb. 1 veranschaulicht schematisch die Position verschiedener Beurteilungs- und Entscheidungskriterien im Bodenschutz zwischen Eingriff und Erfolgskontrolle und ihre Beziehung zu den wissenschaftlichen Grundlagendisziplinen.

Eine Falluntersuchung: der Überfahrungsversuch Hagenbuch

Um die Probleme zu illustrieren, die sich in bezug auf eine wissenschaftliche Abstützung von Standardwerten als Handlungsmaßstäbe im physikalischen Bodenschutz stellen, werden im folgenden ausgewählte Ergebnisse eines Überfahrungsversuchs vorgestellt, der bei Hagenbuch (Kt. Zürich) auf einem Standort des Trassees der 1994 gebauten Erdgashochdruckleitung (Rohrdurchmesser 20') zwischen Winterthur/Ohringen und Bischoffszell (WOBI) im Rahmen einer Diplomarbeit am ETH-Institut für terrestrische Ökologie durchgeführt wurde (Sabbadini, 1995). In bezug auf den Boden handelte sich um eine leicht pseudovergleyte, lehmige und skeletthaltige Braunerde über Würmmoräne. Die als Kunstwiese genutzte Fläche war mit etwa 5% leicht seitlich geneigt. Der Unterboden wies mit Werten von etwa 1.5 g cm^{-3} eine Lagerungsdichte auf, wie sie für solche Moränenstandorte durchaus typisch ist.

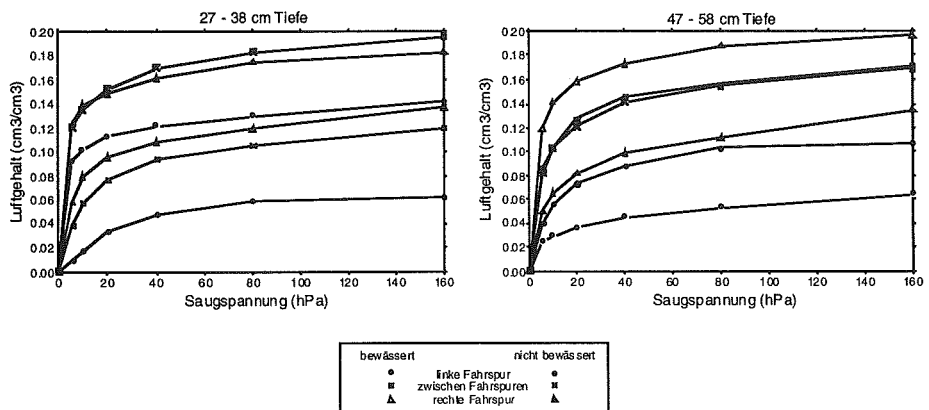


Abbildung 2. Entwässerbare Porosität im Unterboden einer lehmigen, leicht pseudovergleyten und skeletthaltigen Braunerde unter und zwischen den Fahrspuren eines 42 t schweren Baggers bei Hagenbuch, Kt. Zürich (nach Sabbadini, 1995). Durchschnittswerte von je zwei bis drei 1 Liter-Proben (Burgerzylinder).

Nachdem ein Teil der im übrigen antrockenen Versuchsfläche durch künstliche Bewässerung tiefgründig durchnässt worden war, wurde der Boden mit einem 42 t schweren Raupenbagger, der beim Gasleitungsbau für die Abschürfung des Oberbodens eingesetzt wurde, auf vorgebenen Spuren überfahren. Um die Belastung "realistischer" zu gestalten, wurden dabei auch Schwenk- und Kippbewegungen mit dem Baggerarm ausgeführt. Im nicht bewässerten Teil der Versuchsfläche wurden vor der Überfahrung in 30 - 35 cm Tiefe Saugspannungen zwischen 30 bis 40 cbar gemessen, im bewässerten Teil lagen die Saugspannungen in dieser Tiefe bei 2 cbar. Die Einsatzgrenze des verwendeten Baggers lag nach dem Nomogramm der BEW-Richtlinien bei 37 cbar. Im Anschluss an die Überfahrung wurden neben Spurtiefen- und Penetrometermessungen auch Infiltrationstests mit einer Farbtracerlösung durchgeführt, bevor quer zu den Fahrspuren Profile durch die beiden Teilflächen der Versuchspartellen geöffnet wurden. Aus den Profilen wurden in zwei Tiefen – entsprechend den Einbautiefen der Tensiometer für die Saugspannungsmessungen – "ungestörte" Burgerzylinderproben (Volumen: 1 Liter) für die Bestimmung der entwässerbaren Porosität und der Wasserdurchlässigkeit im Labor entnommen.

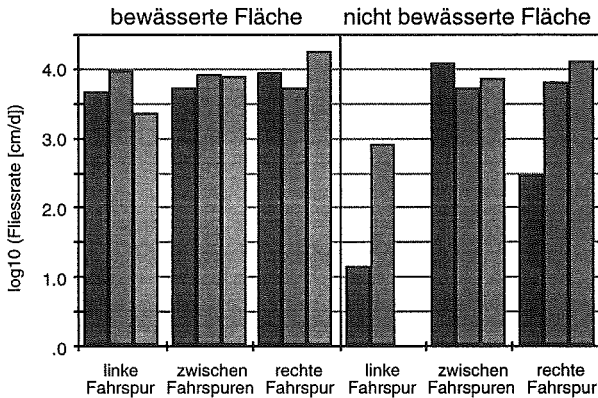


Abbildung 3. Wassersickerung durch Burgerzylinderproben aus dem Unterboden (27 - 38 cm Tiefe) der Testpartellen des Überfahrungsversuches Hagenbuch. Die Sickeraten wurden bei sättigungsnaher, aber ungesättigter Infiltration (Saugspannung: ca. 0.1 cbar) mit Hilfe eines Tensionsinfiltrometers bestimmt. Jeder Wert entspricht einer Einzelprobe. Bei der dritten Probe unter der linken Fahrspur in der nicht bewässerten Fläche war kein Durchfluss messbar. Nach Sabbadini (1995).

Abb. 2 und 3 zeigen ausgewählte Ergebnisse, die mit den Burgerzylinderproben im Labor erhalten wurden. Ein Effekt der Überfahrung ist höchstens als Tendenz zu erkennen. Die Werte der Proben, die im Bereich zwischen den Spuren der Fahrspuren entnommen wurden, liegen im Mittel höher als die mittleren Werte der Proben, die unter den Fahrspuren genommen wurden, wenn man die Werte für die beiden Fahrspuren jeweils zusammenrechnet. Entgegen der Erwartung war dieser Effekt bei den Proben aus 47 - 58 cm Tiefe deutlicher ausgeprägt als bei den Proben aus 27 - 38 cm Tiefe. Noch überraschender war auf den ersten Blick, dass die Proben aus der unbewässerten Teilfläche stärkere Verdichtungseffekte zeigten als diejenigen der bewässerten Teilfläche. Diese

Ergebnisse sind nur vor dem Hintergrund der von Natur aus vorhandenen Heterogenität des Standorts zu verstehen, vor allem wenn man die bereits relativ starke Vorverdichtung des Unterbodens berücksichtigt. In bezug auf den Vergleich zwischen bewässerter und unbewässerter Teilfläche zeigte es sich bei der Profilanalyse, dass das Profil im bewässerten Abschnitt auch mehr Skelett im Unterboden aufwies als das Profil im unbewässerten Abschnitt, was als Erklärung für die beobachtete höhere Stabilität auch bei grösserer Feuchtigkeit dienen kann. Bei der Vorerkundung mit dem Bohrstock war dies nicht entsprechend wahrgenommen worden.

Tabelle 1. Probleme verschiedener bodenphysikalischer Untersuchungsmethoden als Grundlage für ein Monitoring von Bodenstrukturveränderungen im Unterboden (+ wenig problematisch, ++ problematisch, +++ sehr problematisch).

Eigenschaft	Messaufwand	Unempfindlichkeit	Artefaktisiko	Parametrisierungsproblem
Porosität	+	+++	+	+
Desorptionskurve	+++	++	++	++
gesättigte Wasserleitfähigkeit	++	++	+++	+
ungesättigte Infiltration	+++	++	+++	++
Infiltrationsmuster	+	+	+	+++

Sehr ergiebig im Unterschied zu den aufwendigen bodenphysikalischen Laboruntersuchungen waren die Farbtracertests. Die visuelle Inspektion der Infiltrationsmuster des Farbtracers liess deutlich erkennen, dass die Struktur des Unterbodens durch die Überfahung gestört worden war. Das vorläufig ungelöste Problem besteht hier nun darin, die beobachteten Musterunterschiede zu quantifizieren, beispielsweise mit Hilfe von Mustererkennungsalgorithmen. Tabelle 1 fasst die im Überfahungsversuch Hagenbuch gemachten Erfahrungen mit verschiedenen bodenphysikalischen Untersuchungsmethoden zum Nachweis von Auswirkungen mechanischer Belastungen auf die Bodenstruktur zusammen.

Folgerungen für die Qualitätssicherung im physikalischen Bodenschutz

Wie neben dem Überfahungsversuch Hagenbuch auch viele andere Erfahrungen zeigen, ist eine angemessene Beurteilung von physikalischen Bodenbelastungen nur unter Berücksichtigung der jeweiligen standörtlichen Gegebenheiten vor dem Hintergrund ihrer Variabilität möglich. Der wissenschaftliche Nachweis von Wirkungsketten ist unter Feldbedingungen wegen der Schwierigkeit, diese Bedingungen mit vertretbarem Aufwand und ohne übermässige Störung zu kontrollieren, praktisch höchstens in einzelnen exemplarischen Fallstudien möglich. Grundsätzlich dienen Felduntersuchungen dem Relevanznachweis, während zur Aufklärung von Mechanismen wohlkontrollierte Modellsysteme geeigneter sind. Tabelle

Da wissenschaftliche Untersuchungen andersartigen Bedürfnissen und Anforderungen genügen müssen als Erhebungen zur Entscheidungsfindung und -begründung im Bodenschutzvollzug (vgl. Tab. 2), auf der anderen Seite aber die Messung einiger weniger Standardparameter in Anbetracht der Komplexität der Wirklichkeit allein kaum eine angemessene Grundlage für Entscheidungen mit

teilweise weitreichenden ökologischen und ökonomischen Konsequenzen im Bodenschutz darstellen können, besteht hier ein Dilemma. Dieses ist letztlich nur durch eine sachgemäße Umsetzung des an vertieften Fallstudien im Feld und an Modellsystemen gewonnenen Erfahrungen durch bodenkundliches Expertise möglich. In der Tat wird deren Wert leider im allgemeinen unterschätzt, da es sich um schwer zu quantifizierendes Wissen handelt. Das Problem besteht in der Gewährleistung der Qualität solcher Expertise, d.h. insbesondere in der Qualifikation der Expertise ausübenden Personen. Notwendig ist auch hier eine minimale Standardisierung. Hierbei kommt der bodenkundlichen Gesellschaft eine immer wichtiger werdende Aufgabe zu, die neben den bisher dominierenden Aktivitäten zum wissenschaftlichen Informationsaustausch vermehrt auch Weiterbildungs- und Zertifizierungsfunktionen umfassen muss.

Tabelle 2. Unterschiede in den Ansprüchen von Grundlagenforschung und Bodenschutzvollzug in bezug auf die Messung von Bodenparametern

Kriterium	Grundlagenforschung	Vollzug
Ziel	Systemverständnis, Erkenntnisgewinn	Systemkontrolle, Monitoring
Zielgrößen	Schlüsselfunktionen	Indikatorfunktionen
Repräsentativität	Modellsystem	Realität
Breite und Tiefe	intensiv, exemplarisch	extensiv, umfassend
zeitliche Rahmenbedingungen	Bedarf nach langen Zeitreihen	Zeitdruck
Anspruch bezüglich Differenzierungsgrad	differenzierte Analyse	einfach umsetzbar in vollziehbare Massnahmen

Nach dem in Abb. 4 illustrierten Konzept hat die bodenkundliche Expertise eine zweifache Rolle. Zum einen besteht sie in der fallgerechten Umsetzung von Qualitätsnormen, die in Form von gesetzlichen Verordnungen, vertraglichen Vereinbarungen oder Verbandsrichtlinien verankert sein können und sich auf ein durch wissenschaftliche Fallstudien begründetes Referenzsystem abstützen. Zum anderen umfasst sie die bodenkundliche Sensibilisierung aller direkten oder indirekten Verantwortungsträger für Bodenbelastungen, d.h. aller an einem Bauprojekt Beteiligten, deren Entscheidungen und Handlungen zu Beeinträchtigungen des Bodens führen können.

Um dem Bodenschutz mehr Wirksamkeit und letztlich auch mehr Akzeptanz zu verschaffen, ist das Vorsorgeprinzip nicht erst bei der Ausführung von Bauvorhaben anzuwenden. Bodenschutzanliegen sollten bereits in der Konzeptions- und Planungsphase eingebracht werden können und Bauvorhaben so organisiert werden, dass Eingriffe wie im Extremfall die Verfügung eines Baustopps nur im Sinne einer "Notbremse" einzusetzen sind. Dies setzt natürlich voraus, dass beide Seite, Bau und Bodenschutz, bereit sind, auf die Anliegen der anderen Seite einzugehen.

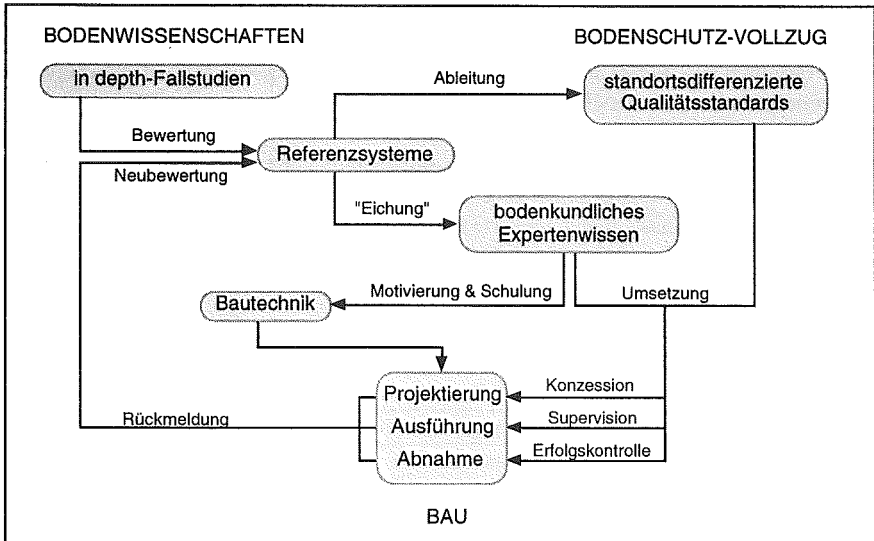


Abbildung 4. Konzept zur physikalischen Qualitätssicherung im Umgang mit Boden bei Bauprojekten.

Ein wesentlicher Aspekt des in Abb. 4 dargestellten Konzepts ist nicht zuletzt, dass die mit dem Vollzug von Normen gemachten Erfahrungen gesammelt und kritisch verarbeitet werden müssen, so dass sie gegebenenfalls für eine Neubewertung der Grundlagen und eine entsprechende Revision des Referenzsystems herangezogen werden können. So nützlich und sinnvoll Provisorien als Überbrückungshilfen sein können, so kontraproduktiv für die Glaubwürdigkeit des Bodenschutzes dürfte es sein, den Erfolg von Massnahmen zu hinterfragen und zu überprüfen.

Literatur

- BEW. 1993. Richtlinien zum Schutz des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen. Erlassen am 14. Mai 1993 vom Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW), Bern.
- Sabbadini, F. 1995. Auswirkungen von mechanischen Bodenbelastungen auf die bodenphysikalischen Eigenschaften von verdichtungsgefährdeten Kulturböden – Überfahrungsversuch mit einer beim Gasleitungsbau eingesetzten Baumaschine. Diplomarbeit an der Abt. VIII der ETH Zürich.
- Scholles, F. 1992. Bewertung der Umweltauswirkungen mit Umweltqualitätszielen und Risikoabschätzung. In: E. A. Spindler (Hrsg.), Risiko-UVP, Economica Verlag, Bonn; S. 173 - 189.
- Schulin, R. 1993. Physikalische Grundlagen zur Umschreibung des Begriffs der Bodenfruchtbarkeit. Landwirtschaft Schweiz, 6: 115 - 120.

Auswirkungen des Rohrleitungsbaus auf bodenphysikalische Kenngrößen

G. von Rohr, P. Germann, Geographisches Institut der Uni Bern, Abteilung Bodenkunde
U. Vökt, Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern

Résumé

Trois sites composés de limon sableux ont été choisis pour l'étude de l'impact de la mise en place des conduits sur des paramètres physiques du sol (compaction) en fonction de la tension durant les travaux. Chacun des sites présente des conditions différentes vis-à-vis des directives sur la protection du sol: les valeurs de la tension du site I étaient inférieures à celles prescrites par les directives, celles du site II étaient en accord avec les directives, celles du site III étaient supérieures.

La compaction du sol durant les travaux dépend clairement de la tension: la porosité totale et la macroporosité diminuent d'autant plus rapidement que la sécheresse augmente. Aussi, le site III, malgré qu'il soit très sec, présente une nette compaction, même à une profondeur de 60-65 cm. La diminution de la porosité totale et de la macroporosité engendre une diminution importante de l'infiltration aux sites I et II. En outre, dans le site III, la diminution de la porosité n'a aucune influence sur l'infiltration.

1. Einleitung

Beim Bau der Erdgasleitung Ruswil-Altavilla 1994 gelangten erstmals Richtlinien für mechanischen Bodenschutz (BA für Energiewirtschaft 1993) zur Anwendung. Die Richtlinien haben zum Ziel, Bauarbeiten von Rohrleitungen auf bodenschonende Weise zu ermöglichen: Der Boden soll vor unnötigen Beeinträchtigungen, insbesondere vor Verdichtungen durch physikalische Belastungen, geschützt werden.

Mit dem erstmaligen Einsatz dieser Richtlinien war die Durchführung von Erfolgskontrollen vorgesehen. Ein Beitrag dazu entstand im Rahmen einer Diplomarbeit; die ihr zugrunde liegende Idee war, die in den Richtlinien festgelegten Einsatzgrenzen für Baumaschinen anhand der erfolgten Bauarbeiten zu überprüfen.

2. Wahl der Untersuchungsstandorte und Methoden

Untersucht werden sollten drei ebene, skelettarme Standorte der Körnung sandiger Lehm, an denen gemäss Richtlinien der normale Bauvorgang durchgeführt wurde (begrünter, nicht abhumusierter Fahrstreifen).

Die drei Standorte mussten sich durch unterschiedliche Saugspannungswerte während den Bauarbeiten auszeichnen: Die Anforderungen der Richtlinien (minimale Saugspannung) sollten einmal unterschritten (Standort I: 8-14 cbar während den Bauarbeiten), einmal gerade erfüllt (Standort II: 10-18 cbar) und einmal überschritten (Standort III: 40-60 cbar) worden sein.

An jedem Standort wurden auf einer ausgewählten Fläche (1x1 m²) auf dem grabennahen Teil des Fahrstreifens und - als Referenz - ausserhalb des Baustreifens (auf derselben Parzelle) ungestörte Zylinderproben (100 cm³) in den Tiefen 10-15 cm, 40-45 cm und 60-65 cm entnommen. Die volumetrischen Wassergehalte wurden im Labor bei pF 1.8, pF 2 und pF 3 bestimmt. In unmittelbarer Nähe wurden die Infiltrationsraten (Methode KRAMER 1983, in CHERVET 1993) gemessen.

3. Resultate und Diskussion

Die Präsentation der Resultate konzentriert sich auf die drei Parameter Gesamtporenvolumen (PV), Grobporenvolumen (GV) und Infiltration. Die Interpretation der Ergebnisse stützt sich auf die 95%-Vertrauensintervalle der Mediane (vgl. POLASEK 1994, S. 59).

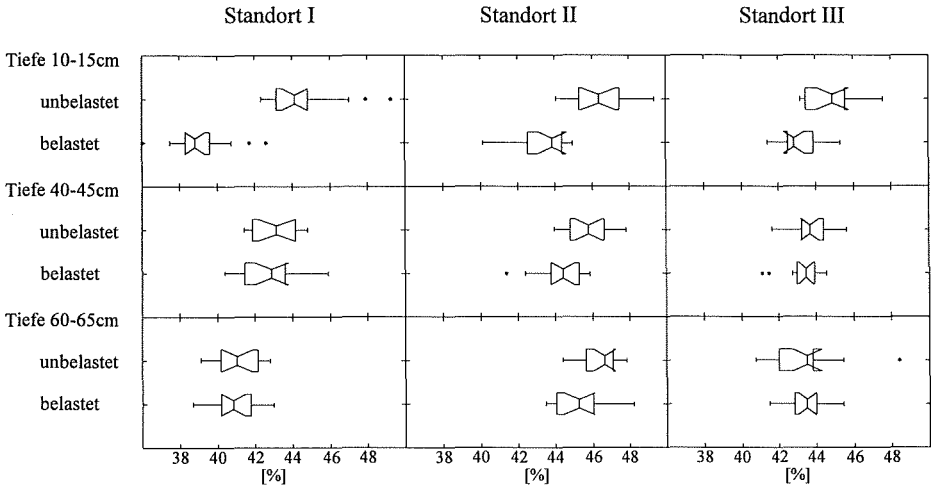


Abb. 1: Gekerbte Box-and-Whiskers-Diagramme der **GESAMTPORENVOLUMEN** an den drei untersuchten Standorten. Dargestellt sind Median, Interquartilsdistanz (Box), 95%-Vertrauensintervall (Kerben), Hauptbereich der Beobachtungen (Whiskers) und Ausreißer.

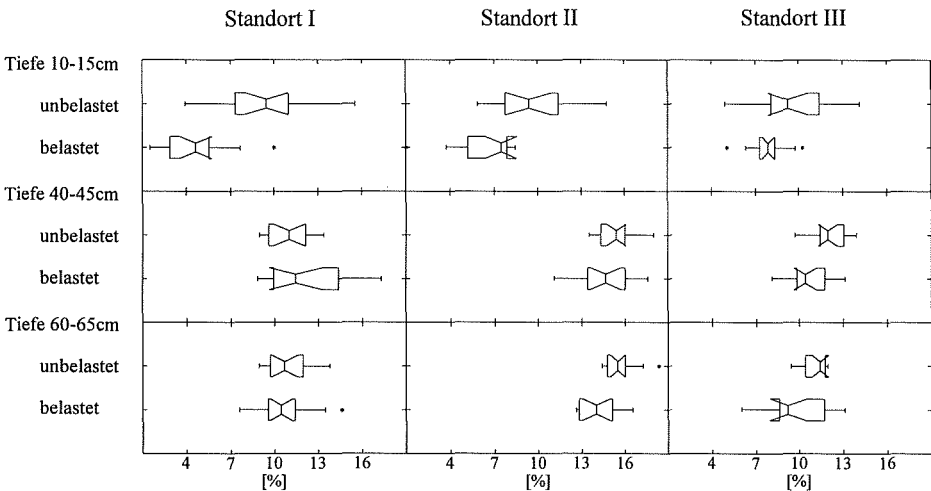


Abb. 2: Gekerbte Box-and-Whiskers-Diagramme der **GROBPORENVOLUMEN** an den drei untersuchten Standorten.

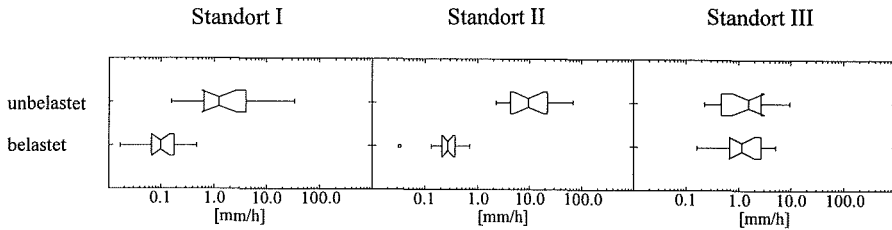


Abb. 3: Gekerbte Box-and-Whiskers-Diagramme der **INFILTRATION** an den untersuchten Standorten.

Gesamt- und Grobporenvolumen

An allen drei Standorten wurde das PV in 10-15 cm Tiefe durch die Bauarbeiten reduziert. Diese Reduktion ist am Standort I von einer Reduktion des GV begleitet. An den Standorten II und III kann hingegen nicht mit Sicherheit von einer Reduktion des GV ausgegangen werden.

Bei beiden Parametern nimmt die durch Belastung ausgelöste Volumenreduktion mit abnehmendem Bodenwassergehalt deutlich ab. *Bemerkenswert* sind insbesondere die deutlich geringeren Auswirkungen der Bauarbeiten auf PV und GV am Standort II im Vergleich mit Standort I bei nur leicht trockeneren Bodenverhältnissen.

Im weiteren lassen sich bis in 60-65cm Tiefe Auswirkungen der Bauarbeiten feststellen. Am Standort II ist das PV bis in diese Tiefe vergleichsweise leicht aber dennoch signifikant vermindert; in der Tiefe 60-65 cm ist es verbunden mit einer Reduktion des GV. Am Standort III ist kein Einfluss auf das PV, jedoch ein signifikanter Einfluss auf das GV sowohl in 40-45 cm, wie in 60-65 cm Tiefe festzustellen. Erstaunlicherweise sind einzig am "feuchten" Standort I keine Veränderungen in diesen Tiefen sichtbar. Als mögliche Antwort gilt der Verweis auf das geringe PV und GV der unbelasteten Fläche an diesem Standort und somit auf eine bestehende Vorverdichtung.

Infiltration

Die bei PV und GV festgestellten Unterschiede zwischen den unbelasteten Flächen der drei Standorte widerspiegeln sich in der Infiltration: Am Standort II ist die Infiltration vor Belastung um einen Faktor 10 grösser als an den andern; sie kann (nach VÖKT 1987, in CHERVET 1993) als schwach gehemmt bezeichnet werden. Die Infiltration an den Standorten I und III muss hingegen schon vor Belastung durch die Bauarbeiten als gehemmt bezeichnet werden.

Der Einfluss der Bauarbeiten ist evident: Die Infiltration wird an den Standorten I und II signifikant vermindert, um einen Faktor 10 am Standort I, noch stärker am porenreicheren Standort II. Beide Infiltrationsvermögen müssen als stark gehemmt bezeichnet werden. Am Standort III ist hingegen keine Beeinflussung der Infiltration nachzuweisen.

4. Folgerungen

An allen drei Standorten sind Auswirkungen der Bauarbeiten auf die erhobenen Parameter auszumachen. Der Einfluss der Saugspannung während den Bauarbeiten auf das Ausmass der Verdichtung ist insbesondere in der Bodentiefe 10-15 cm deutlich sichtbar:

Am Standort II (10-18 cbar: geforderte Saugspannung knapp erreicht) ist das Ausmass der Verdichtung trotz geringem Unterschied zur Saugspannung des Standorts I (8-14 cbar: geforderte Saugspannung nicht erreicht) deutlich kleiner. Nochmals leicht geringer ist es am Standort III (40-60 cbar). Die Saugspannungsgrenzwerte der Bodenschutzrichtlinien scheinen sich hier zu bestätigen.

An den Standorten II und III sind bis in die Tiefe 60-65 cm Verminderungen im PV und/oder GV auszumachen. Keine Veränderungen zeigen sich aber am Standort I, eventuell wegen höherer Verdichtung.

Der Vergleich dieser Aussagen mit den Infiltrationsraten zeigt folgendes:

Einzig am Standort III ist trotz leichten aber signifikanten Verminderungen von PV und GV kein Einfluss auf die Infiltration festzustellen. Die deutlichen Unterschiede im Ausmass der Verminderung von PV und GV zwischen den Standorten I und II werden in deren Infiltrationsvermögen nach Belastung nicht wiedergegeben: In beiden Fällen ist eine klare Reduktion der Infiltration um einen Faktor 10 und mehr eingetreten.

Die Infiltration ist somit auch am Standort, bei dem die Richtlinien eingehalten wurden, schadhaft vermindert.

Literatur:

- BUNDESAMT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT, 14. Mai 1993: Richtlinien zum Schutz des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen (Bodenschutzrichtlinien). Bern.
- CHERVET, A., 1993: Bodenbearbeitung im integrierten Ackerbau. Diplomarbeit ETH Zürich.
- POLASEK, W., 1994: EDA - Explorative Datenanalyse. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Die erwähnte Diplomarbeit mit vollständiger Übersicht über Datenmaterial und Ergebnisse wird im Sommer 1995 vorliegen.

Bodenschutz bei Grossbaustellen ist machbar

W. Rohr und P. Schuler

GEOTEST AG, Birkenstrasse 15, CH-3052 Zollikofen

Das von der GEOTEST präsentierte Poster entstand aus der Erfahrung in bodenkundlicher Beratung bei grossen Infrastrukturbauvorhaben (Strassen und Bahnen) und bei der Rohstoffgewinnung (Kies und Ton). Die gewählten Illustrationen zeigen - als eine Art Momentaufnahme - die Situation beim Bau der N5 im Kanton Solothurn.

Folgende Überlegungen haben uns bewogen, mit unseren Erfahrungen vor ein erweitertes Fachpublikum zu treten:

- Die Bodenkunde muss im Bauwesen trotz schon bestehender bodenschützerischer Wegleitungen (1) und Richtlinien (3) noch um Anerkennung kämpfen.
- Den Rekultivierungen der temporär genutzten Flächen bei grösseren Bauvorhaben wird in der Projektierung zu wenig Bedeutung beigemessen. Der sachgerechte Aufwand für die Planung dieses Bauvorhabens, für Massen- und Gerätebedarf wird systematisch unterschätzt. Dadurch begründbare Projektverteuerungen werden dann als "Folgen eines überrissenen Umweltschutzes" bezeichnet.
- Zwischen Bauingenieuren und Bodenkundlern ist eine Zusammenarbeit aufzubauen, welche sich daran orientiert, dass für Kulturerdarbeiten gemeinsam nach technisch und bodenschützerisch befriedigenden Lösungen gesucht werden muss.

Aufgaben des Bodenkundlers bei grossen Bauvorhaben

Muss ein Bauherr für die Wahrung privater oder öffentlicher Anliegen bei der Realisierung seines Bauvorhabens einen Spezialisten beiziehen, so ist dessen Aufgabe immer, eine für Bauwerk und Bauausführung förderliche Lösung zu erarbeiten. Diese muss hinsichtlich der sich stellenden Probleme und der Baukosten optimiert sein. Erfordert das Bauvorhaben wesentliche Eingriffe in die Kulturerde, so ist es aus umweltschützerischen (sowie aus privatrechtlichen !) Gründen bodenschützerisch zu optimieren.

Merkmale eines bodenschützerisch optimierten Bauvorhabens sind u.a.:

- ein Projektbeschreibung über die Kulturerdarbeiten, welcher nicht nur pauschal auf allgemeine Richtlinien verweist, sondern orts- und projektbezogen deren geplante Umsetzung aufzeigt;
- Submissionsunterlagen, in welchen die unternehmerverbindlichen Rahmenbedingungen für die Kulturerdarbeiten festgelegt sind;
- eine Bauausführung, welche nach bodenschützerischen Kriterien geleitet wird und ausreichend dokumentiert ist. Damit soll das Erreichen qualitativ und quantitativ definierter Zielvorgaben bezüglich der bodenkundlich relevanten Arbeitsschritte überprüft werden können.

Aufgabe des Bodenkundlers in der Privatwirtschaft ist es, dem Projektverfasser mit einer sachdienlichen und kompetenten Beratung die Möglichkeiten aufzuzeigen, wie mit gerechtfertigtem Aufwand den Anforderungen des Bodenschutzes zu genügen ist.

Aufgabe des Bodenkundlers bei der Behörde ist es, Projektgenehmigungen so zu gestalten, dass die im Projekt ausgewiesenen bodenschützerischen Anliegen auch tatsächlich umgesetzt werden müssen.

Es wäre wünschenswert, wenn innerhalb der Fachvereinigung der BGS eine Arbeitsgruppe sich mit den in bodenschützerischer Hinsicht für Beratungen und Projektgenehmigungen zu setzenden Standards vertieft befassen würde.

Einbezug des Bodenkundlers bei Bauprojektierung und Bauausführung

Aufgrund der bisherigen Erfahrung ist klar, dass eine zweckmässige bodenkundliche Bauberatung in den bestehenden Strukturen der üblichen Bauplanungen und Bauausführungen eingebracht werden kann.

In der Bauplanungsphase müssen keine neuen Wege beschritten werden. Notwendig sind nur Erweiterungen in bodenkundlicher Hinsicht:

- Die Baugrunduntersuchung (eine bekannte und für viele Projekte unabdingliche Planungsgrundlage) ist bodenkundlich zu erweitern. Dies ergibt zusätzlich zur Baugrundkarte eine projektspezifische Bodenkarte (z.B. Bodenmächtigkeitsplan). Als bodenkundliche Arbeitsgrundlage dient der Klassifikationsschlüssel der Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau Zürich-Reckenholz (FAP), welcher 1992 zusammen mit der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz veröffentlicht wurde (2).
- Rekultivierungsarbeiten sind innerhalb des Projekts als eigenständiges Bauvorhaben ausgliedern und deren Zielvorgaben unter Berücksichtigung bodenkundlicher Kriterien zu formulieren. Dies ergibt einen, dem anstehenden Kulturerdematerial angepassten Rekultivierungszielplan.
- Bauabläufe und die Massenverschiebungen der Kulturerde sind orts- und projektspezifisch unter Berücksichtigung von Richtlinien zu optimieren. Die technischen Randbedingungen für den einsetzbaren Gerätepark sind festzulegen.

In der Submission können ohne weiteres die bodenschützerisch notwendigen Rahmenbedingungen eingebracht werden:

- Geräte- und leistungstechnische Vorgaben sind für viele Arbeiten übliche Kenngrössen.
- Witterungsbedingte Änderungen der Arbeitstechnik oder Arbeitseinstellungen sind für eine qualitativ einwandfreie Arbeitsausführung auch bei anderen Bauwerkserstellungen bekannt.

Bei der Bauausführung sind bodenschützerische Anliegen über die bodenkundliche Beratung der Bauleitung zu wahren. Die Bauleitung handelt nach technischen, gesetzlichen, terminlichen und finanziellen Vorgaben, unter welchen sie oft zielgerichtet abwägen muss. Notwendige Abweichungen von den Vorgaben nimmt sie üblicherweise nur nach Rücksprache mit den für die Vorgaben Zuständigen vor. Die Bodenfachperson beurteilt die Abweichungsmöglichkeiten und ihre Konsequenzen. Diese sind dem Bauherrn darzulegen und von diesem zu tragen.

Die Abnahme von rekultivierten Flächen erfordert bei einer minimalen Qualitätssicherung eine nach bodenkundlichen Kriterien geführte Dokumentation über den Arbeitsablauf.

Sowohl der Bezug einer fachspezifischen Beratung (z.B. Hydrogeologie im Fall einer Wasserhaltung) wie auch die Erstellung einer entsprechenden Dokumentation des Bauablaufs sind für Bauleitungen gängige Aufgaben. Auch hier ist es möglich, Beratung und Dokumentation in bodenkundlicher Hinsicht zu ergänzen.

Latenter Wertzerfall des Bodenschutzes bei der Bauausführung

Es gibt die Möglichkeit, ein Projekt bodenschützerisch optimiert zu planen. Es gibt auch einen den bodenschützerischen Vorgaben genügenden Stand der Technik bei der Ausführung der Bauarbeiten. Es ist somit möglich, nach USG Art. 1 zu bauen. Ein Bauherr wird aber einen bodenschützerischen Aufwand nur betreiben, wenn sich damit finanzielle (oder strafrechtliche) Konsequenzen aufgrund privatrechtlicher oder öffentlicher Ansprüche vermeiden lassen. Solange die genannten Konsequenzen aus unberücksichtigten Ansprüchen unbedeutend bleiben, ist für Bauherren in der Tendenz ein bodenschützerischer Aufwand nur gerechtfertigt, bis die Hürde der Projektgenehmigung überwunden ist.

Nun dürfte es aber nicht zweckmässig sein, dem Bodenschutz bei der Bauausführung nur mit juristischen Mitteln zum Durchbruch verhelfen zu wollen. Ein anderer gangbarer Weg liegt in den oben erwähnten Standards, welche von Fachvereinigungen und Fachverbänden erarbeitet werden. Als anerkannte Norm oder Stand der Technik deklariert, erreichen diese in kurzer Zeit eine grosse Verbreitung und eine "zunftähnliche" Verpflichtung zur Anwendung. Es ist somit sinnvoll, eine umweltschützerische Massnahme über die Anwendung einer Norm oder einer "berufsständischen Arbeitsethik" zu verwirklichen.

Elemente einer bodenkundlichen Bauberatung

Aus der bisherigen Praxis haben wir eine interne Checkliste (4) erstellt, anhand welcher wir unseren Informationsbedarf für eine zweckmässige bodenkundliche Bauberatung ermitteln. Der projektspezifische Bedarf an Untersuchungen lässt sich daraus gemeinsam mit dem Ingenieur festlegen.

Wir möchten diese Liste als Beitrag zu einer bodenkundlichen Diskussion über das Thema "Wie kommt der Bodenschutz zum Bauingenieur?" verstanden wissen.

Planung

- Projektspezifische Bodenkartierung → *was ist als Rekultivierung möglich*
Ergänzung konventioneller Bodenkarten im Bereich Unterboden und geologischer Untergrund
rekultivierungsspezifische Ansprache des ober- und unterbodentauglichen Materials
Erhebung von Strukturempfindlichkeit und Kontamination im betroffenen Bodenareal
- Rekultivierungszielplan → *benötigte Kubaturen*
Aufbau der wiederhergestellten Kulturerde
für die Bodenfruchtbarkeit wesentliche bodenkundliche Kriterien

- Abtragsplan → *Eckdaten für Submission*
abzutragende Bodenmächtigkeiten
Zwischenlagerung, Aufbau der Depots
Arbeitsabläufe
bodenschützerische Klassifikation der Strukturempfindlichkeit bezüglich der zu erwartenden Arbeitstechnik

Bauausführung

- Submission und Vergabe
unternehmerverbindliche Ausführungsbedingungen
Zuständigkeiten und Kompetenzen bei der Bauausführung
Kriterien für die Evaluation von Unternehmervarianten
- bodenkundliche Beratung der Bauleitung
Arbeitstechnik, Arbeitseinstellungen
Einsaat und Pflege der Depots
- Dokumentation des Bauablaufs
Tensiometrie, Witterung und Baufortschritt
Divergenzen zwischen Planung und Ausführung

Abnahmen

- Übernahme vom Bewirtschafter
landwirtschaftliche Flächenvorbereitung
bestehende Schadverdichtungen
- Abnahme von Zwischendepots und Rekultivierungsschritten (z.B. Rohplanie)
Gestaltung und Kubaturen verifizieren
Bauausführung beurteilen (Technik, Bodenfeuchte, Witterung)
- Übergabe zur Inkulturnahme
Bauausführung beurteilen (Technik, Bodenfeuchte, Witterung)
Erreichen der Zielvorgaben beurteilen
Einschränkungen für die Inkulturnahme festlegen
- Schlussabnahme
angewandte Bewirtschaftungstechnik beurteilen

Literatur:

- (1) Eidg. Forschungsanstalt für Agrilkulturchemie und Umwelthygiene FAC, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Hrsg.): Wegleitung zur Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Bern, 1991.
- (2) Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau Zürich-Reckenholz FAP (Hrsg.): Klassifikation der Böden der Schweiz. Zürich, 1992.
- (3) Bundesamt für Energiewirtschaft (Hrsg.): Richtlinien zum Schutz des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen (Bodenschutzrichtlinien). Bern, 1993.
- (4) GEOTEST: Richtlinie für die bodenschützerische Baubegleitung beim Autobahnbau N5, 1994. In: EW-Projekthandbuch N5 des Büros für Nationalstrassen, Kanton Solothurn. Internes Projektdokument.

INFLUENCE DU DECAPAGE D'UN SOL SUR SES PROPRIETES PHYSIQUES

N. Cieslak, P. de Pury (EPFL)

A. Besson, G. Meylan (LCA)

La mise en place des infrastructures nécessaires à la construction de l'autoroute de contournement de Genève a nécessité la réquisition de sols agricoles. Afin d'évaluer l'influence du décapage, du stockage et de la remise en place d'un sol sur ses propriétés physiques, un travail de diplôme a été réalisé par une étudiante du génie rural de l'EPFL.

Il s'agissait de comparer deux parcelles voisines. L'une a été utilisée comme aire de stockage des terres, l'autre a conservé sa vocation agricole. Avant les travaux, le sol des deux parcelles appartenait au type sol brun pseudogleyfié sur moraine (rp: brunisol redoxique). La parcelle non concernée par les travaux (sol intact) a été labourée en août 1994 et est occupée par du colza. La parcelle touchée par les travaux (sol remanié) n'a pu être cultivée pendant cinq ans et est occupée par une jachère. Elle a été labourée en été 1993.

Sur les deux parcelles, les variations du potentiel matriciel ont été comparées pendant douze jours au mois d'octobre. De plus la relation entre la teneur en eau du sol et le potentiel matriciel a été déterminée au champ et au laboratoire (courbe de désorption). Enfin, des mesures de densité apparente ont été effectuées.

L'évolution des potentiels matriciels est semblable pour les deux sols et aux deux profondeurs étudiées (fig. 1). Les potentiels matriciels mesurés sur le sol remanié sont toujours plus élevés que ceux mesurés sur le sol intact. Les potentiels matriciels mesurés dans le sol remaniés à 20 cm sont toujours positifs après le 22 oct., ce qui indique la présence d'une nappe perchée proche de la surface. Au vu de la texture (tab. 1), le sol remanié devrait se ressuyer plus rapidement que le sol intact, ce qui n'est pas le cas.

A 35 cm, les différences entre le sol intact et le sol remanié apparaissent clairement (fig. 2). Ceci peut s'expliquer par le passage fréquent de machines de chantier sur l'horizon B du sol remanié avant la remise en place des 30 cm de terre végétale.

Tab. 1: texture d'un sol intact et d'un sol remanié à trois profondeurs.

Prof. (cm)	sol intact			sol remanié		
	A (%)	U (%)	S (%)	A (%)	U (%)	S (%)
20	51	34	15	29	42	29
35	56	31	13	29	42	29
50	54	35	11	30	41	29

Fig. 1: précipitations et évolution du potentiel matriciel à deux profondeurs (20 et 35 cm) pour un sol intact et un sol remanié au mois d'octobre.

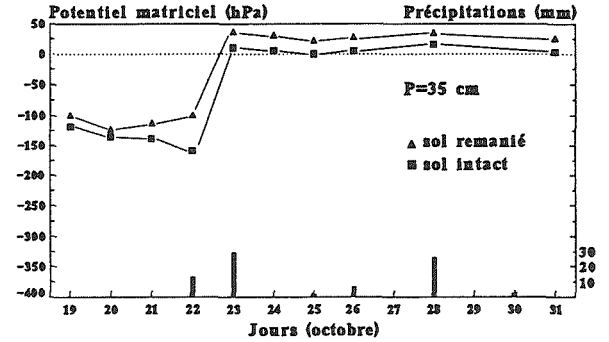
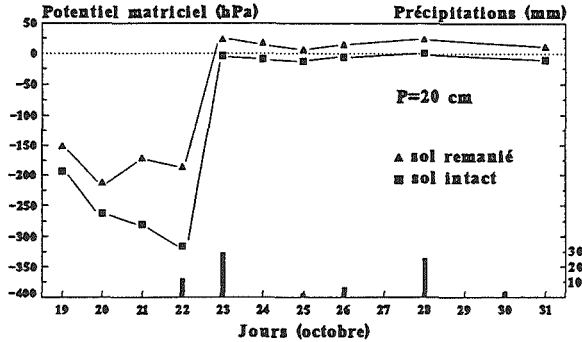
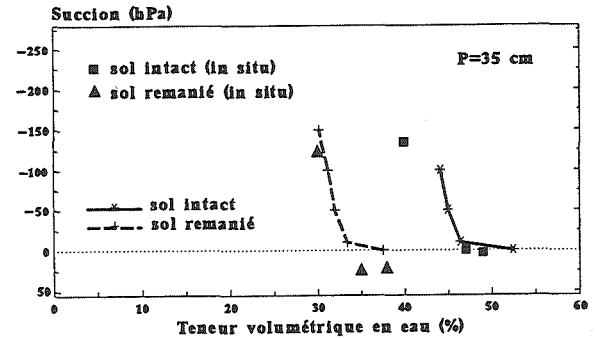
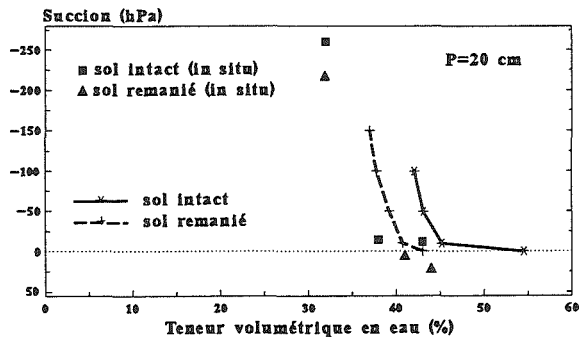


Fig. 2: Courbes de désorption d'un sol intact et d'un sol remanié à deux profondeurs (20 et 35 cm). Les mesures ont été effectuées au champ (points isolés) et au laboratoire sur des échantillons non remaniés de 100 cm³ (courbes).



Après les travaux, les deux sols initialement semblables, se distinguent maintenant par leur texture: le sol intact appartient à la classe «argile», alors que le sol remanié appartient à la classe «limon».

Tab. 2: densité apparente (φ_a), pores grossiers (0-0.1 bar) et réserves facilement utilisables en eau (RFU, 0.1-1 bar) pour un sol intact et un sol remanié à trois profondeurs. Les valeurs de porosités et de RFU sont données en pour-cent volumiques.

Prof. (cm)	φ_a (t/m ³)		pores grossiers		RFU	
	sol intact	sol remanié	sol intact	sol remanié	sol intact	sol remanié
20	1.10	1.44	11.1	5.2	4.1	4.8
35	1.32	1.43	8.2	6.4	3.4	4.7
50	1.39	1.56	3.4	4.2	2.5	3.3

Les densité apparentes sont toujours plus élevées pour le sol remanié. Le volume des pores grossiers est deux fois plus important pour le sol intact à 20 cm. Au vu de la texture, les réserves facilement utilisables en eau du sol remanié à 20 cm sont faibles.

Conclusions:

Les conséquences sur la fertilité d'un sol après son utilisation comme aire de stockage pendant cinq ans sont les suivantes:

- diminution du volume des pores grossiers
- augmentation de la densité apparente et diminution de la porosité
- présence plus fréquente d'une nappe perchée proche de la surface

Wasserhaushalt und Verdichtungsgefährdung von Böden

PETER WEISSKOPF und URS ZIHLMANN

Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau Zürich-Reckenholz (FAP)

CH-8046 Zürich

1. Einleitung

Nicht standortgemässe Bewirtschaftung kann unter anderem ein erhöhtes Bodenverdichtungsrisiko zur Folge haben. Kulturwahl, Anbautechnik und Mechanisierung lassen sich nur dann an die Standortgegebenheiten anpassen, wenn für die Betriebs- und Bewirtschaftungsplanung abgeschätzt werden kann, wieviele Tage mit geeigneten Bodenverhältnissen für Bodenbearbeitungs-, Pflege- und Erntearbeiten im langjährigen Durchschnitt zur Verfügung stehen.

Weil die mechanische Stabilität eines Bodens nicht nur von dessen Aufbau und Zusammensetzung, sondern auch von seiner Feuchtigkeit abhängig ist, können Saugspannungsmessungen grobe Anhaltspunkte zur Abschätzung der Befahr- und Bearbeitbarkeit geben.

2. Versuchsböden

Im Rahmen des Projektes "Charakterisierung von Ackerstandorten" sind zwei schwach humose, mässig tiefgründige Lehm Böden bezüglich ihres Wasserhaushaltes untersucht worden (WEISSKOPF und ZIHLMANN, 1994): Ein alluvialer **Braunerde-Gley** in Muldenlage mit Grundwassereinfluss sowie eine schwach pseudogleyige **Kalkbraunerde** in Kuppenlage auf mergeligem Sandstein. Beide Böden wurden gleich bewirtschaftet; Hauptkultur 1992 war Sommerhafer, 1993 Kartoffeln. 1992 war gekennzeichnet durch einen niederschlagsarmen, warmen Mai und einen trockenen Spätsommer/Frühherbst. Für 1993 typisch war der warme, eher trockene Frühsommer, gefolgt von massiven Niederschlägen im Juli.

Um die Verdichtungsgefährdung dieser Böden im Jahresverlauf beurteilen zu können, wurden die gemessenen Saugspannungswerte hinsichtlich Befahr- und Bearbeitbarkeit ausgewertet. Exakte Grenzwerte für die Befahr- und Bearbeit-

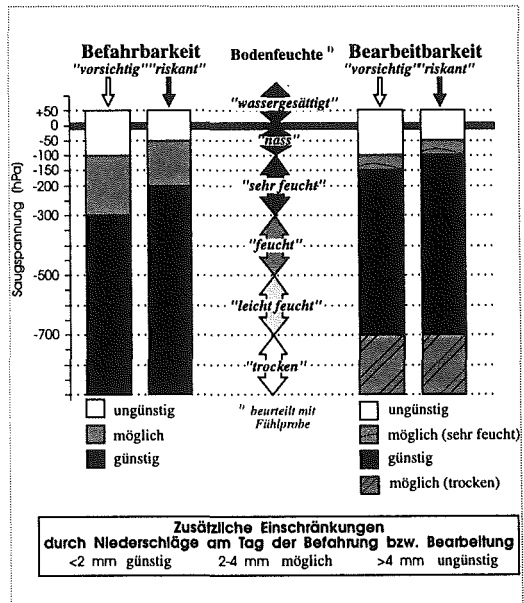


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Befahrbarkeit bzw. Bearbeitbarkeit von Ackerböden und der Saugspannung des Bodenwassers; schematische Darstellung in zwei Szenarien ("vorsichtig" und "riskant") mit Berücksichtigung zusätzlicher Einschränkungen durch Niederschläge.

barkeit eines Bodens sind allerdings schwierig festzulegen; aus diesem Grund wird zwischen den "günstigen" und "ungünstigen" Bodenzuständen ein Übergangsbereich ("möglich") abgegrenzt (vgl. Abb. 1).

3. Befahrbarkeit

In beiden untersuchten Jahren blieben die Böden im Frühjahr noch lange sehr feucht, so dass sich bis in den April hinein nur einzelne für kleine Lasten geeignete Befahrungstermine ergaben. Diese sind vor allem von der Frosteinwirkung abhängig (Entwässerung des Bodens um Eislinsen). Dank teilweise tieferreichender, stärkerer Austrocknung standen während der Sommermonate in beiden Böden viele auch für grössere Lasten geeignete Befahrungstermine zur Verfügung. Im Herbst dagegen war die Befahrbarkeit im allgemeinen schlecht vorherzusagen, weil der Zeitpunkt der Wiederbefeuchtung der Böden jedes Jahr verschieden war.

Bei der Kalkbraunerde waren generell erheblich mehr Befahrungstermine verfügbar als beim Braunerde-Gley; letzterer reagierte stark auf den Niederschlagsverlauf. Besonders markant wurden die Unterschiede zwischen den beiden Böden deshalb in aussergewöhnlich niederschlagsreichen Perioden wie beispielsweise im Juli/August 1993, als im grundwasserbeeinflussten Braunerde-Gley ab August theoretisch keine Befahrungstermine mehr verfügbar waren (Abb. 2)! In jenem Jahr beschränkten sich die günstigen Befahrungstermine auf den relativ engen Zeitraum von Mai bis August. Im Spätsommer/Herbst waren die Böden nur in den obersten 15 cm einigermaßen belastbar. Wegen des spürbaren Grundwassereinflusses ergaben sich beim Braunerde-Gley nur selten bis in grössere Tiefen tragfähige Bodenzustände und entsprechend wenige Befahrungstermine für schwere Lasten. Der bei vorsichtigem Vorgehen eingeschränkte Zeitraum mit Befahrungsterminen konnte wegen der häufig stark vernässten tieferen Bodenschichten des Braunerde-Gleys auch durch riskantes Vorgehen nicht wesentlich ausgedehnt werden.

4. Bearbeitbarkeit

Das oberflächliche Abtrocknen im Frühjahr wurde an den beiden Versuchsstandorten stark vom Wind begünstigt; Mulchschichten hätten es merklich behindert, wachsende Kulturen ergaben erst im späteren Frühjahr einen ähnlichen Abtrocknungseffekt (dann allerdings bis in etwas grössere Tiefe). Die Anzahl geeigneter Bearbeitungstermine im Herbst war in beiden Böden stark vom Jahreswitterungsverlauf abhängig.

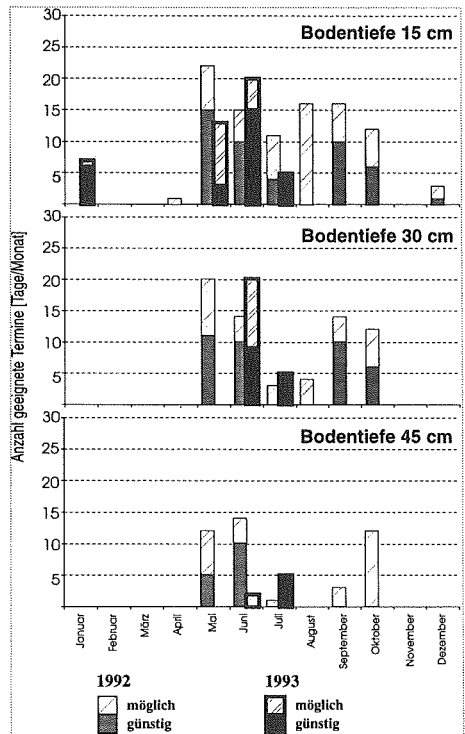


Abbildung 2: Vergleich der Anzahl geeigneter Befahrungstermine pro Monat zwischen den Jahren 1992 und 1993 bei Berücksichtigung der Saugspannung in verschiedenen Bodentiefen (Braunerde-Gley, Szenario "vorsichtig"). Günstige Befahrungstermine in grösseren Bodentiefen erlauben Befahrungen mit grösseren Lasten.

Auf der Kalkbraunerde ergaben sich in nahezu jedem Monat mehr Bearbeitungstermine als auf dem Braunerde-Gley. Besonders für die tiefe Bodenbearbeitung im Sommer standen beim grundwasserbeeinflussten Braunerde-Gley weniger Termine zur Verfügung als bei der Kalkbraunerde.

Geeignete Bearbeitungstermine in den Wintermonaten waren eine Folge der Frosteinwirkung. Im Frühjahr trockneten beide Böden nur oberflächlich ab, d.h. eine Grundbodenbearbeitung kommt in diesem Zeitraum theoretisch nicht in Frage; selbst die Saatbettbereitung muss sich auf sehr oberflächliche, mit minimalem Aufwand und möglichst leichten, bodenschonend ausgerüsteten Traktoren durchgeführte Massnahmen beschränken.

Die Bearbeitungstermine waren in den beiden Jahren sehr unterschiedlich verteilt: Auf der Kalkbraunerde beispielsweise waren Bearbeitungstermine für den Zeitraum September/Oktober nur 1992 verfügbar; dafür ergaben sich 1993 mehr Termine für die Bearbeitung tiefer Bodenschichten im Sommer (August). Wenn für die Bodenbearbeitung auch sehr feuchte Bedingungen toleriert wurden ("riskantes Vorgehen") oder toleriert werden konnten (spezielle Bestelltechnik), standen bei der Kalkbraunerde praktisch jeden Monat zusätzliche Termine zur Verfügung (Abb. 3), besonders in Zeiträumen, die bei vorsichtigem Vorgehen nur wenige Termine bieten würden. In der obersten Bodenschicht bis 15 cm im Frühling (März/April) und im Herbst (September/Oktober), in den tieferen Bodenschichten im Sommer (Juli/August).

5. Schlussfolgerungen

Anzahl und Verteilung von Befahrungs- und Bearbeitungsterminen können z.T. in erheblichem Mass von der Jahreswitterung abhängen; besonders stark reagieren Böden mit Fremdwassereinfluss auf unterschiedliche Niederschlagsverteilungen. Mit zunehmender Bodentiefe wird der Zeitraum mit verfügbaren Arbeitsterminen immer stärker eingeschränkt; gleichzeitig nimmt auch die Anzahl Arbeitstermine pro Monat ab.

Für die Bewirtschaftung der rascher entwässernden Kalkbraunerde stehen generell mehr Befahrungs- und Bearbeitungstermine zur Verfügung, deren Anzahl zudem weniger stark durch die Jahreswitterung beeinflusst wird als beim Braunerde-Gley. Weil er weniger häufig in günstigem Zustand befahren und bearbeitet werden kann als die Kalkbraunerde, weist der grundwasserbeeinflusste Braunerde-Gley bei gleicher Bewirtschaftungsweise und -intensität deshalb ein grösseres

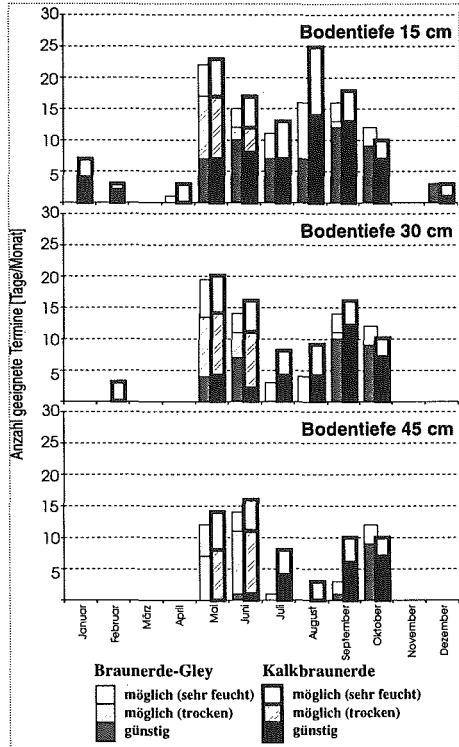


Abbildung 3: Vergleich der Anzahl geeigneter Bearbeitungstermine pro Monat zwischen den beiden Bodentypen Braunerde-Gley und Kalkbraunerde bei Berücksichtigung der Saugspannung in verschiedenen Bodentiefen (1992, Szenario "vorsichtig"). Die Beurteilung in mehreren Bodentiefen erlaubt Aussagen bezüglich unterschiedlicher Arbeitsgänge (Saatbettbereitung, Grundbodenbearbeitung, Tieflockerung) und unterschiedlicher Belastungsmöglichkeiten durch verschieden schwere Fahrzeuge.

Verdichtungsrisiko auf. Hinzu kommt, dass in diesem Boden gleichzeitig auch die Möglichkeiten zur Beseitigung tiefreichender Verdichtungen eingeschränkt sind, d.h. im Unterbodenbereich entstandene Verdichtungen (z.B. Pflugsohle) können im Braunerde-Gley nur sehr selten unter günstigen Bedingungen gelockert werden. Das Bodengefüge des grundwasserbeeinflussten Standortes ist bei gleicher Bewirtschaftung demnach stärker gefährdet als jenes der durchlässigen Kalkbraunerde.

Aus diesem Grund sollte das Gefüge grundwasserbeeinflusster Böden mit standortgemässer Bewirtschaftung (Kulturwahl, Anbautechnik, Mechanisierung) entsprechend schonend behandelt werden. Für die Planung einer standortgemässen Bewirtschaftung sind deshalb Angaben zu Anzahl und Verteilung möglicher Arbeitstermine wesentliche Grundlagen. Die momentan vorhandenen Planungsgrundlagen für die schweizerische Landwirtschaft ("Arbeitswirtschaftlicher Datenkatalog" der FAT; NÄF, 1991) gehen für Ackergebiete davon aus, dass 65% der Kalendertage als Feldarbeitstage zur Verfügung stehen. Unsere kleine Stichprobe hat gezeigt, dass die im Arbeitswirtschaftlichen Datenkatalog genannte (provisorische) Anzahl verfügbarer Feldarbeitstage in den Jahren 1992 und 1993 selbst bei riskantem Vorgehen nicht erreicht werden konnte. Rechnet man bei der Betriebsplanung mit der Standardformel "Feldarbeitstage=65% der Kalendertage", hätte dies demnach zur Folge, dass bei der Bewirtschaftung ein erhöhtes Verdichtungsrisiko eingegangen wird. Realistische Planungen erfordern standortbezogene Angaben - ansonsten kann die Verdichtungsgefährdung von Böden nicht richtig eingeschätzt und damit die Bewirtschaftung nicht an die Standortgegebenheiten angepasst werden. Aus diesem Grund ist es notwendig, der Landwirtschaft standortbezogene Angaben zur Anzahl verfügbarer Feldarbeitstage zur Verfügung stellen zu können.

Résumé: Economie en eau et risques liés à l'exploitation de deux sols cultivés

Durant deux années, des mesures de potentiel matriciel dans deux sols soumis et non soumis à l'influence d'une nappe phréatique ont permis d'apprécier leur comportement face au passage d'engins mécanisés et au travail du sol. Le risque lié à l'exploitation du sol soumis à l'influence de la nappe est plus élevé en raison d'un nombre réduit de jours favorables et d'une plus forte dépendance des conditions climatiques de l'année. Dans ce type de sol, le risque de compaction croît; comme les possibilités de correction par un travail d'ameublissement en profondeur sont limitées par le nombre de jours favorables à une telle opération, des atteintes durables à la structure sont prévisibles partout où l'exploitation du sol n'est pas optimale.

6. Literatur

- NÄF E., 1991: FAT Arbeitsvoranschlag. Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau.
 WEISSKOPF P. und ZIHLMANN U., 1994: Wasserhaushalt zweier ackerbaulich genutzter Böden. Agrarforschung 1 (8), 345-348.

ZUCKERRÜBEN-ERNTEVERFAHREN UND GEFAHR DER BODENVERDICHTUNG

Urs Zihlmann und Peter Weisskopf
Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau (FAP),
Zürich-Reckenholz, CH-8046 Zürich

Etienne Diserens und Thomas Anken
Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT),
CH-8356 Tänikon

EINLEITUNG

Das Risiko für Bodenverdichtungen ist am grössten, wenn feuchte bis nasse Äcker mit schweren Maschinen bearbeitet oder befahren werden. Unter schweizerischen Klimaverhältnissen ist dies oft in den Herbstmonaten der Fall, wenn Mais und Zuckerrüben geerntet sowie die Wintergetreidefelder bestellt werden.

Aus diesem Grund untersuchten FAP und FAT gemeinsam im Herbst 1994 die Auswirkungen zweier Zuckerrüben-Ernteverfahren auf den Gefügestand einer alluvialen Kalkbraunerde.

MASCHINEN- UND STANDORTPARAMETER

Verglichen wurden ein **2-reihiger gezogener Vollernter** (STOLL V202) und ein **6-reihiger selbstfahrender Vollernter** (HOLMER) (Tab. 1).

Tabelle 1: Parameter der geprüften Zuckerrüben-Vollernter

Parameter	2-reihig gezogen*	6-reihig selbstfahrend
Leergewicht	4,0 t*	21,5 t
Gewicht Bunker voll	9,5 t*	35,5 t
Pneubreite	60 cm (rechts)	80 cm (vorne)
Kontaktfläche Pneu	2160 cm ²	4000 cm ²
Geprüfte Radlast (Bunkerfüllung)	2,8 t (50%)	6,0 t (40%)
Kontaktflächendruck	1,3 bar	1,5 bar

*Zugfahrzeug: Traktor 4,3 t (nicht inbegriffen)

Die Untersuchungen wurden auf einem Standort im Stammheimertal (Kt. Zürich) durchgeführt (Tab. 2).

Der hohe Sandanteil (vorwiegend Mittel- und Grobsand) ermöglicht bereits bei entleerten Grobporen (Saugspannung ca. -60 hPa bzw. -6 cbar bzw. ca. pF 1,8) eine starke Entwässerung des Bodens (19% Luftvolumen in 10-15 cm Tiefe). Der überdurchschnittliche Humusgehalt und die vielen Regenwurmgänge bis in den Untergrund zeugen von einer hohen biologischen Aktivität des Versuchsbodens. Bayrische Untersuchungen (LEBERT und HORN, 1992) zeigen, dass bei solchen Verhältnissen mit einer hohen Bodenstabilität (als Scherfestigkeit bestimmt) gerechnet werden kann. Im weiteren wies der Boden in 22-27 cm Tiefe eine Pflugsohle auf.

Tabelle 2: Parameter des untersuchten Bodens

Kalkbraunerde aus Alluvium, schwach gleyig, Subpolyederggefüge, skelettfrei, tiefgründig

Tiefe cm	Ton Gew. %	Schluff Gew. %	Sand Gew. %	Humus Gew. %	pH (H ₂ O)
10-15	21	21	58	4,1	7,6
35-40	21	24	55	2,6	7,8
55-60	18	24	58	1,6	7,9

Tiefe cm	Lagerungs- dichte g/cm ³	Gesamtpo- renvolumen Vol. %	Wasser- gehalt* Vol. %	Saug- spannung* hPa
10-15	1,24	50,5	29	-62
35-40	1,35	48,3	34	-51
55-60	1,45	44,8	n.b.	-46

*zum Zeitpunkt des Befahrens

ERGEBNISSE

Grobporenanteil (pF 1,8): Die Porenverhältnisse wurden unmittelbar vor der Ernte im unbefahrenen Zustand (Kontrolle) und nach der Ernte **unter der Fahrspur** mit 100cm³-Stechzylindern bestimmt. Bei den herrschenden Versuchsbedingungen konnte nur im Oberboden ein Verdichtungseffekt nachgewiesen werden (Tab. 3). Die höhere Radlast des 6-reihigen Vollernters verdichtete den durch die Zuckerrüben-Ernte gelockerten Oberboden signifikant stärker als der 2-reihige gezogene Vollernter; allerdings liegen die Werte noch nicht im absolut kritischen Bereich (unterhalb 7 Vol.%; RICHARD et al., 1981). Unterhalb der Bearbeitungsschicht waren keine verfahrensbedingten Veränderungen mehr feststellbar. (Die höheren Grobporenvolumina im Unterboden unter den Fahrspuren sind auf die vielen Regenwurmgänge in diesen Tiefen, d.h. auf die natürliche Heterogenität des Versuchsbodens zurückzuführen.)

Tabelle 3: Grobporenvolumen (pF 1,8) des Bodens unter der Fahrspur

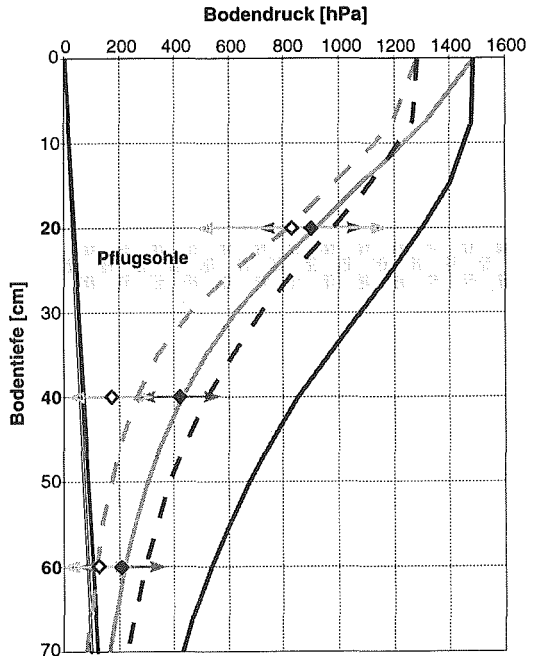
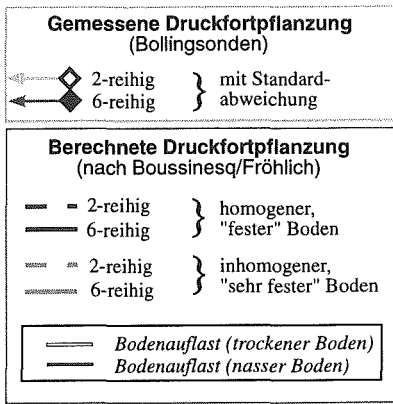
Tiefe cm	Kontrolle (vor der Ernte) Vol. %	2-reihiger Vollernter Vol. %	6-reihiger Vollernter Vol. %
10-15	17,3	14,8(*)	10,3*
35-40	16,9	16,5	16,6
55-60	15,9	17,2	17,9

* signifikant unterschiedlich (P<0,05)

Druckfortpflanzung im Boden: Mittels wassergefüllter Sonden (Bol-

lingsonden) konnte die Druckfortpflanzung in den Tiefen 20, 40 und 60 cm verfolgt werden. Diese Messtechnik ermöglicht relative Verfahrensvergleiche, sie ergibt jedoch keine absoluten Messwerte. Das auf grosser Fläche (4000 cm²) abgestützte hohe Gewicht (6 t) des 6-reihigen Vollernters führte zu einer starken Druckfortpflanzung in die Tiefe (Abb. 1). Vergleicht man die Bollingsonden-Werte mit den berechneten Werten nach FRÖHLICH (1934), so muss angenommen werden, dass die hohe Bodenfestigkeit, insbesondere auch im Bereich der Pflugschle, die Druckfortpflanzung in die Tiefe erheblich dämpft.

Abbildung 1:
Gemessene und berechnete
Druckfortpflanzung unter der
Fahrspur der Zuckerrüben-
Vollernter sowie Bodenauflast



Fahrspurflächenanteil und Eindringwiderstand: Wie erwartet waren die mit einem Konus-Penetrometer gemessenen Eindringwiderstände unter den Fahrsuren deutlich höher als im Zwischenspurbereich. Zudem konnte die am Bodenprofil festgestellte Pflugschle mit diesen Messungen bestätigt werden. Zum Ausdruck kam auch die unterschiedliche Befahrungshäufigkeit der beiden Verfahren: Ausgehend von 3 m Arbeitsbreite bleiben beim 6-reihigen Verfahren 27% der Fläche unbefahren, während beim 2-reihigen Verfahren wegen des notwendigen Zugfahrzeugs die gesamte Fläche mindestens 1-mal, z.T. jedoch auch mehrmals (bis max. 5-mal) befahren wird.

Diese unterschiedliche Befahrungsintensität zeigte sich auch in den mit Lebensmittelfarbstoff (Vitasyn Blau) durchgeführten Wasserinfiltrationen: Über die gesamte Arbeitsbreite von 3 m betrachtet, wurde durch die Infiltration beim 6-reihigen Verfahren eher ein grösseres Bodenvolumen erfasst als beim 2-reihigen.

FAZIT UND OFFENE FRAGEN

Unter den gegebenen Verhältnissen konnte im Oberboden nur beim 6-reihigen Verfahren eine deutliche Abnahme des Grobporenanteils unter der Fahrspur nachgewiesen werden, jedoch erreichte sie noch nicht kritische Ausmasse. Trotz klar messbarer Druckwerte und sehr feuchten Verhältnissen waren im Unterboden keine Verdichtungen nachweisbar. Es ist anzunehmen, dass dieser Boden dank seines relativ hohen Sand- und Humusgehaltes, der hohen biologischen Aktivität, der raschen Entwässerung des Grobporenvolumens sowie dichter Gefügeausprägungen durch frühere Belastungen (Pflugsohle) fähig war, einen Grossteil der Druckeinwirkungen bereits im oberen Profilteil zu neutralisieren. Unter den geprüften Bedingungen kann dieser Boden als gut tragfähig bezeichnet werden. - Wie reagieren aber weniger tragfähige Standorte? Im Herbst 1995 ist eine weitere Untersuchung auf weniger stabilen, feinkörnigen und schlechter strukturierten Böden geplant.

Résumé

Dans les conditions d'essai décrites ici, une diminution substantielle du volume des pores grossiers (sans pour autant atteindre un seuil critique) n'a pu être observée que dans la fraction supérieure du sol et ceci sous les roues de l'autorécolteuse à 6 rangs. Sous la semelle de labour, aucun tassement n'est à signaler bien que le sol soit humide et que les contraintes de charge induites par les roues de l'autochargeuse à 6 rangs soient nettement supérieures à celles de la récolteuse à 2 rangs.

Le sol, en raison de sa texture à forte proportion de sable, de ses teneurs en humus relativement élevées avec forte activité biologique, de ses propriétés de rétention d'eau (ressuyage rapide) et de sa structure compacte au niveau de la semelle de labour, peut être considéré comme un sol résistant, portant, apte à neutraliser dans sa frange supérieure (au niveau de la semelle de labour) une grande part des contraintes de charge induites par de lourdes machines. Comment réagissent des sols moins portants? - Pour l'automne 1995, des essais comparables sont prévus sur des sols peu stables, de texture fine et de structure altérée.

Literatur

- FRÖHLICH, O.K., 1934: Druckverteilung im Baugrund. Springer, Wien.
 LEBERT, M. und HORN, R., 1992: Ein Verfahren zur flächendeckenden Erfassung der Bodenstabilität im Hinblick auf die Beurteilung der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 33, 85-99.
 RICHARD, F., LÜSCHER, P., STROBEL, T., 1981: Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz. Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.

Dank

Wir danken Albert Brack (Landmaschinen AG, Guntalingen) und seinen Mitarbeitern für den Einsatz der Maschinen und die exakte Erntearbeit sowie Emil Keller (Unterstammheim), auf dessen Zuckerrübenfeld die Versuche durchgeführt werden konnten.

PROPRIETES PHYSIQUES DES SOLS AGRICOLES DE SUISSE ROMANDE

J-A. Neyroud et G. Christinet

Station fédérale de Recherches Agronomiques de Changins, 1260 NYON

Durant une quinzaine d'années, nous avons analysé les propriétés physiques des sols agricoles de Suisse Romande. Les sites examinés ont été choisis en fonction de divers programmes de recherche. L'ensemble analysé n'est donc pas rigoureusement représentatif des sols de cette région, mais en donne néanmoins une vision acceptable.

Les méthodes utilisées sont traditionnelles: prélèvements de cylindres de 100 cm³ de sol non perturbé et de terre fine soigneusement préparée de manière à éviter la destruction des agrégats. Les résultats portent sur des relations de poids ("masse"), de densité, de porosité, de rétention d'eau, de perméabilité et de stabilité structurale.

Nous examinons successivement dans les 3 pages suivantes l'ensemble des échantillons de surface analysés, les différences liées à l'utilisation agricole, viticole, arboricole, maraîchère et herbagère du sol, et l'effet de la compaction.

Nos conclusions sont les suivantes :

- L'état physique des sols agricoles suisses est relativement satisfaisant.
- Une partie des faiblesses physiques de nos sols est due à des conditions naturelles défavorables: texture, perméabilité du sous-sol.
- Une autre partie est due au type de culture: un sol cultivé a des propriétés physiques moins favorables que son homologue sous prairie permanente. Les sols viticoles traditionnels semblent plus exposés.
- Une troisième partie enfin est due à des pratiques culturales inappropriées: engins trop lourds engagés à mauvais escient, risque érosif,...
- Certains dégâts physiques mineurs sont temporaires et se corrigent par de judicieuses mesures culturales.

Zusammenfassung:

Der physikalische Zustand der landwirtschaftlichen Böden in der Westschweiz ist generell zufriedenstellend. Einige Schwächen stammen aus ungünstigen natürlichen Eigenschaften (Textur,...), andere aus Kulturmassnahmen (Bodenbearbeitung, Humusbilanz,...), wobei ein Ackerboden die guten Eigenschaften eines Wiesenbodens praktisch nie erreichen kann.

Die schädliche Wirkung der Verdichtung sowie das Erosionsrisiko sind relativ leicht zu erkennen (und zu vermeiden!).

1. Propriétés physiques de l'ensemble des échantillons de surface

Pour un échantillon de 700 individus, nous présentons au tableau ci-dessous les moyennes et les écarts-type. Dans la colonne de droite, nous avons inscrit le pourcentage de résultats jugés défavorables :

PROPRIETE	MOYENNE	ECART-TYPE	% DE CAS A PROBLEME
Poids au prélèvement [g/100 cc]	171	17	2
Poids sec [g/100 cc]	138	19	14
Densité réelle	2,4	0,3	--
Porosité au prélèvement [%]	16	8	21
Porosité totale [%]	49	7	5
% H ₂ O _{vol} à pF 2 (-100 hPa)	37	8	--
% H ₂ O _{vol} à pF 3 (-1000 hPa)	32	8	--
% H ₂ O _{vol} à pF 4,2 (-15000 hPa)	15	5	--
RFU (réserve facilement utilisable) [% vol.]	5	2,5	38
RU (réserve utilisable) [% vol.]	22	7,0	15
Perméabilité (sat.) [cm/h]	15	5,0	2
Instabilité structurale Indice S	0,9	0,3	31
Stabilité structurale Indice K	7,1	0,2	8

Commentaires :

Relations de poids

Le poids sec ("masse volumique") du sol est satisfaisant. Ce n'est qu'au-delà d'une valeur de 150 g. Qu'on peut suspecter un tassement. Notons que la masse volumique dépend également de la texture. La densité réelle ne présente pas d'intérêt particulier: elle est toujours inférieure à celle du quartz (égale à 2,65).

Relations de porosité

La porosité au prélèvement est un bon indicateur de l'état d'aération du sol en place. Au-dessous de 10 %, elle est insuffisante. La porosité totale est satisfaisante à quelques exceptions près; elle dépend aussi de la texture.

Relations hydrodynamiques

Il y a toujours un léger doute quant au mode de calcul de la RFU: le résultat paraît souvent très bas lorsqu'il est calculé entre pF 2 et pF 3. Une proportion assez importante de sols ont une RFU trop basse, due à la fois à la texture sableuse et à la compaction. La perméabilité des sols est satisfaisante dans la plupart des cas.

Stabilité structurale

L'instabilité structurale (indice s > 1,5) touche une part non négligeable de nos sols.

2 Propriétés physiques des sols classés selon leur mode d'utilisation

D'emblée, il convient de préciser que l'effectif de chaque groupe est différent. En particulier les groupes Arbo, Maraîchère et Prairie ne comportent qu'environ 50 individus :

PROPRIETE	UTILISATION DU SOL				
	AGRI	VITI	ARBO	MARAÎ	PRAI.
Poids au prélèvement	173	183	179	166	161
Poids sec	139	152	150	133	120
Densité réelle	2,5	2,4	2,2	2,4	2,2
Porosité au prélèvement	16	13	18	19	16
Porosité totale	49	45	48	49	55
% H ₂ O vol à pF 2	37	33	32	38	44
% H ₂ O vol à pF 3	32	29	25	30	39
% H ₂ O vol à pF 4,2	15	16	7	12	21
RFU	5	4	7	8	5
RU	21	18	25	26	23
Perméabilité	12	21	11	13	23
Instabilité str., Indice S	0,8	4,7	0,8	2,5	0,3
Stabilité str., Indice K	8,2	1,7	8,5	3,6	9,8

Commentaires :

Relations de poids

Le poids sec ("masse volumique") est plus élevé sous vigne que sous prairie: différences de taux d'humus et de contraintes de compaction.

Relations de porosité

La porosité au prélèvement est plus faible sous vigne (compaction ?), plus élevée en milieu maraîcher (terres plus brassées, apports organiques).

La porosité totale est nettement plus élevée sous prairie (milieu non perturbé), un peu plus basse sous vigne.

Relations hydrodynamiques

Les sols sous prairie contiennent plus d'eau que les autres à tous les points de la courbe de désorption; ils sont donc plus humides, plus frais, mais leurs réserves en eau restent à peu près les mêmes.

La perméabilité des sols sous prairie est nettement supérieure.

Stabilité structurale

La supériorité du sol sous prairie est manifeste, ainsi que les propriétés de structure plutôt défavorables du sol sous vigne.

3 Propriétés physiques comparées des sols estimés "sains" et des sols "compactés"

Comme nous ne disposons pas de critères absolument sûrs pour l'interprétation des résultats, nous avons étudié chaque cas "à problème" en le comparant à une situation normale dans un sol adjacent. Le choix de ce partenaire est très délicat: il importe en effet que le critère présence/absence de compactage soit la seule différence entre partenaires, tous autres caractères étant par ailleurs identiques :

PROPRIETE	ETAT DU SOL	
	SAIN	A PROBLEME
Poids au prélèvement	167	177
Poids sec	131	141
Densité réelle	2,4	2,4
Porosité au prélèvement	16	11
Porosité totale	51	48
% H ₂ O _{vol} à pF2	39	39
% H ₂ O _{vol} à pF3	35	37
% H ₂ O _{vol} à pF4,2	17	18
RFU	4	2
RU	22	21
Perméabilité	30	14
Instabilité str., Indice S	1,0	3,2
Stabilité str., Indice K	8,7	8,8

Commentaires :

Compaction

La contrainte de charge s'exerce principalement sur le volume réservé à l'air (phase gazeuse). Il en résulte un poids sec ("masse volumique") supérieur et une porosité au prélèvement ("macroporosité") plus faible.

Perméabilité

La perméabilité ("conductivité hydraulique saturée") est nettement ralentie dans le sol à problème, car le diamètre moyen des pores et des canaux est réduit.

Stabilité structurale

La différence entre les indices S d'instabilité est très visible. Par convention, nous admettons que la stabilité est déficiente lorsque l'indice S est supérieur à 1,5

FORCES ET FAIBLESSES DE L'APPROCHE PHYSIQUE DU SOL *IN SITU*

J-A. Neyroud

Station Fédérale de Recherches Agronomiques de Changins, 1260 NYON

Par opposition à l'analyse en laboratoire, l'approche *in situ* a pour but d'observer et d'interpréter l'état physique sur place. Elle a l'avantage d'être plus facile à mettre en oeuvre, et l'inconvénient de ne pas toujours offrir la sécurité suffisante.

Les faiblesses de l'approche *in situ* se résument dans les points suivants:

- Les critères d'interprétation sont imprécis.
- Une trop large part est laissée à l'appréciation de l'observateur.
- Des valeurs de référence font souvent défaut.
- La météo de jours précédents peut fausser le jugement.
- Des causes différentes produisent les mêmes effets sur les instruments. Ex.: racines denses et compaction accroissent toutes deux la résistance au pénétromètre!
- Les conditions dans lesquelles se déroulent les mesures *in situ* ne sont pas toujours vérifiables. Ex.: Test à l'infiltromètre: Est-on certain que le sol est saturé?

Les forces de l'approche *in situ* se résument dans les points suivants:

- Sur place, on peut retracer l'histoire culturelle récente du site.
- On apprécie bien la relation sol - plante (interaction).
- Sol et plante sont observés dans le milieu naturel.
- On est toujours à proximité d'un autre milieu, naturel ou agricole pour effectuer des comparaisons.
- Les mesures effectuées sur place sont toujours directes, sans distorsion.
- Il n'y a pas de risque de modification durant le transport, le stockage...

En conclusion, l'approche par l'analyse au laboratoire et l'approche par l'appréciation *in situ* sont complémentaires et non exclusives. L'appréciation *in situ* a pour elle son caractère synthétique et sa grande valeur didactique, elle est facile à mettre en oeuvre, mais exige une bonne formation de l'opérateur, car il est facile de mal interpréter une observation.

L'analyse *in situ* coûte le plus souvent moins que l'analyse au laboratoire, et son degré de précision et de fiabilité est suffisant pour apporter les réponses aux questions posées.

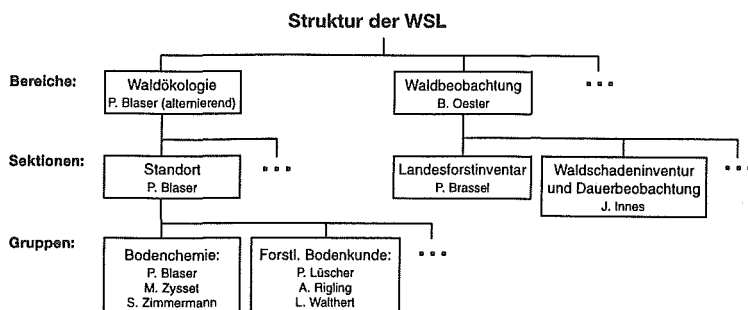
Zusammenfassung:

Die *in situ* physikalische Untersuchung des Bodens ist in den meisten Fällen schneller und billiger als die Analyse im Labor. Die Gefahr einer Fehlinterpretation ist aber hoch und wird dank erfahrenen Bodenkundlern verkleinert.

Wissenschaftliche Tagung vom 17. März 1995: Texte zu den Postern mit frei gewählten Themen

Bodenschutzrelevante Untersuchungen an der WSL

Peter Blaser, Peter Lüscher, Andreas Rigling, Lorenz Walther, Stefan Zimmermann, Martin Zysset
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf



Einführung

Die WSL betreibt permanente Stichprobenetze, welche auf vielseitige Fragestellungen ausgerichtet sind. Diese Netze eignen sich als Ausgangsbasis für Bodenerhebungen. Dadurch steht der Interpretation der Bodenaufnahmen ein umfassender Datensatz mit allgemeinen standorts- und waldkundlichen Daten zur Verfügung. Einzelne Fragen, die sich im Verlaufe einer Stichprobenerhebung ergeben, werden durch Fallstudien untersucht. Stehen rein standortkundliche Fragen im Mittelpunkt, eignen sich Untersuchungen an bestimmten Standortstypen zur Beantwortung. Die Standortstypen sind mittels der Zusammensetzung der Vegetation, welche die Gesamtwirkung der Standortfaktoren repräsentiert, und bodenkundlicher Merkmale definiert.

Vorgehen

- a) Netze:
- Grundraster: 1x1-km-Netz des Landesforstinventars
 - Für Spezialuntersuchungen: Auswahl einzelner, in sich abgeschlossener Testgebiete
 - Für aufwendigere Untersuchungen (z.B. Bodeninventur): Definition eines Unternetzes aus dem 1x1-km-Netz (z.B. 8x8-km-Netz).

- b) Typus-aufnahmen:
- Im Rahmen der Standortskartierungen in den einzelnen Kantonen werden vegetationskundlich typisch ausgeprägte Standorte festgelegt. Diese Standorte werden bodenkundlich genau charakterisiert. Die dadurch abgeleiteten Zusammenhänge zwischen Vegetation und Boden erlauben, bodenkundliche Punktaufnahmen mit Hilfe der Vegetation auf die Fläche zu übertragen.

- c) Fallstudien: Untersuchung von Kausalzusammenhängen an problemorientiert ausgewählten Standorten.

Ziele

Überblick über bodenschutzrelevante Aktivitäten der WSL im Wald, unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Waldbodens:

- natürliche Lagerung des Oberbodens (Humusformen)
- Probenahme entsprechend der natürlichen Horizontierung
- Waldboden als Teil eines naturnahen Ökosystems.

Ausblick

- Ausbau der Fallstudien. Diese liefern die am besten abgesicherten Teilresultate.
- Koordination von Waldbodendaten im Rahmen von Bodenschutzaktivitäten.
- Zentrale Bodendatenbank.

Stichprobennetze

Landesforstinventar 1982–1986 (LFI) ▲

- Raster:** 1x1-km-Raster, 11863 Stichprobeflächen, Flächengrösse 5 a.
- Projektziele:** Grossräumige Überwachung von Veränderungen im Schweizer Wald.
- Ziele der Boden-
erhebungen:**
- Zustand von Oberböden im Wald
 - Errichtung einer Referenz-Pedothek von Oberbodenproben aus dem Wald.
- Stand der Arbeiten:**
- Alle Proben wurden archiviert
 - An allen Proben pH-Wert bestimmt und Karbonatstest durchgeführt. Elementgehalte in drei Extrakten sowie C/N-Gehalte der Proben aus zwei Testgebieten bestimmt: Testgebiet Napf (140 Proben) und Testgebiet Tessin (216 Proben). Verschiedene Spezialuntersuchungen.
- Ausblick:** Vorläufig keine weiteren Arbeiten vorgesehen, weil Interpretationen von Oberbodendaten ohne Kenntnisse über den Unterboden schwierig sind.

Boden-Pilotinventur 1989–1992 ▲

- Raster:** Ausgewählte Stichproben des 1x1-km-Rasters (je 20 pro Testgebiet)
- Projektziele:**
- Evaluierung einer Methode für profilumfassende Bodenerhebungen auf permanentem Stichprobenraster
 - Aussagekraft der so erhobenen Daten für die Beantwortung von Fragen des Bodenschutzes, der Waldzustandsinventur und des Landesforstinventars überprüfen.
- Stand der Arbeiten:**
- Projekt abgeschlossen
 - Basierend auf den Resultaten wurde eine Bodeninventur in der Waldzustandsinventur 1993 durchgeführt.

Waldzustandsinventur 1993 (WZI) ▲

- Raster:** 8x8-km-Raster, 172 Stichprobeflächen, Flächengrösse 5 a.
- Projektziele:** Erfassen des Waldzustandes der Schweiz.
- Ziele der Bodeninventur:**
- Zusammenhang zwischen neuartigen Waldschäden und Bodenparametern
 - Boden- und standortskundliche Dokumentation der Stichprobeflächen.
- Stand der Arbeiten:**
- Aufnahmen auf dem 8x8-km-Netz: Profilsprache, Beprobung nach Horizonten und fixen Tiefen (UN/ECE 1993)
 - Aufarbeitung und Archivierung der Proben
 - Boden- und standortskundliche Dokumentation ausgewählter Stichprobeflächen
 - Auswertung der Standortfaktoren und Profilverkmale – Waldzustand.
- Ausblick:**
- Elementgehalte in den Extrakten: 2M HNO₃, 0,5M Ammoniumacetat/ 0,02M EDTA, 1M NH₄Cl
 - Chemische Analysen von: C_{tot}, N_{tot}, CaCO₃, C_{org}
 - Mineralogische Untersuchungen
 - Auswertung Bodenchemie – Waldzustand sowie Bodenchemie – Waldstandort.



Typusaufnahmen

Leittypen (Referenzprofile) als Hilfsmittel zur Standortsbeurteilung und als bodenkundliche Datenbasis


- Profilstandorte:** Lokalformen aus der Reihe «Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz». Beteiligte Kantone mit Projekten zur Standortkartierung: Bern/ Freiburg/Thurgau/Graubünden/Luzern.
- Projektziele:**
- Alle forstlich relevanten Kartierungseinheiten der Bodeneignungskarte der Schweiz (1:200 000) werden anhand von Referenzprofilen bodenkundlich charakterisiert
 - Bodenkundliche Aussagen werden zu den einzelnen Waldgesellschaften nach ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) erarbeitet
 - Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Vegetationsdecke und des Bodens werden dargestellt.
- Stand der Arbeiten:** Lokalformen: Bodenchemische Untersuchungen in Arbeit (30 Profile). Thurgau: Standortkundlicher Teil abgeschlossen (43 Profile). Bern und Freiburg: Standortkundlicher Teil kurz vor dem Abschluss. Übrige Kantone: Felderhebungen sind in Arbeit.
- Ausblick:** Verfeinerte Definition der Kartierungseinheiten (hauptsächlich basierend auf der Geologie).






Stichprobennetze

-  Landesforstinventar (LFI)
-  Pilotinventur
-  Waldzustandsinventur (WZI)

Typusaufnahmen

-  Leittypen (Referenzprofile)

Fallstudien

-  Critical Load of Acidity
-  Sturmschadenflächen
-  Langfristiges Waldökosystem-Forschungsprojekt

Fallstudien

Critical Load of Acidity: Fallstudie Copera (Tessin)

Definition:	Maximal zulässiger Säureeintrag, der langfristig zu keiner Schädigung der sensitivsten Ökosysteme (z.B. Waldböden, Seen, Flüsse) führt.
Hintergrund:	Europaweit werden Critical Loads als Grundlage für Emissionsreduktionen von SO ₂ und NO _x mit Modellen berechnet.
Probleme:	Wichtige Eingangsgrößen müssen geschätzt werden; im Feld sind die Resultate der Modellierungen bisher nicht überprüft worden.
Ziele:	Validierung von Modellen anhand einer Fallstudie; der Standort Copera wurde gewählt, weil Böden über Gneiss sehr sensitiv auf Säureeintrag reagieren.
Vorgehen:	Messen wichtiger Eingangsgrößen für die Modelle; Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Bodenlösung zur Überprüfung der Ergebnisse von Modellrechnungen; Anpassung der Modelle.
Finanzierung:	BUWAL (Eidgenössische Forstdirektion; Abteilung Luftreinhaltung).

Sturmschadenflächen Schwanden (GL), Pfäfers (SG), Disentis (GR) und Zweisimmen (BE)

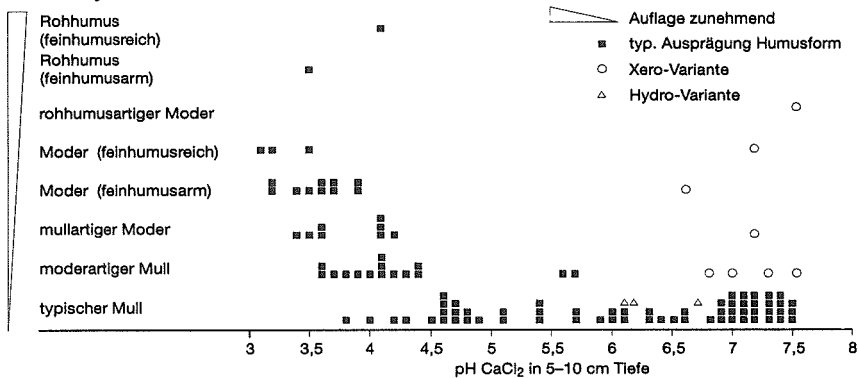
Projektziele:	Feststellen von standortkundlichen Veränderungen und deren Auswirkungen auf die Verjüngungsdynamik auf Sturmschadenflächen mit verschiedenen Räumungs- und Wiederbewaldungsmassnahmen.
Bodenkundliche Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> – Bodenkundliche Erfassung und Charakterisierung der ausgeschiedenen Standortstypen (Kartierung und Dauerquadrate) – Boden- und standortkundliche Dokumentation ausgewählter Standortstypen (Oberflächenbeschaffenheit, Keimbeet und Wurzelraum) – Ergänzende Differenzierungskriterien zwischen einzelnen Standortstypen, durch Kombination von Bodenmerkmal und Artengruppe.
Stand der Arbeiten:	Abschluss der ersten Projektphase mit vergleichenden Darstellungen des Oberbodens und des Wurzelraumes (mit Hilfe von Öko- und Typogrammen).
Ausblick:	Periodische Erhebungen im Abstand von 5 Jahren (schwergewichtig Humushorizonte und Wasserhaushalt).

Langfristiges Waldökosystem-Forschungsprojekt (LWF)

Flächen:	15–30 Untersuchungsflächen, Flächengrösse 1–2 ha.
Projektziele:	Langfristige Waldökosystemforschung.
Ziele Boden:	Erfassen von Bodenzustand und -veränderungen.
Stand der Arbeiten:	<ul style="list-style-type: none"> Untersuchungen auf zwei Flächen (Othmarsingen und Lausanne): – Humus- und Bodenkartierung auf 15x15-m-Raster – Ansprache von 4–5 Bodenprofilen pro Fläche. Beprobung nach Horizonten und fixen Tiefen (UN/ECE 1993) – Aufbereitung und Archivierung der Proben – Dokumentation der zwei Flächen: Humusform, pH in 3 Tiefen, Bodentypen, Vernässung, Kalkgrenze – Dokumentation der Leitprofile: Bodendichten, Porosität, Bodenart, pH, C_{org}, C/N.
Ausblick:	<ul style="list-style-type: none"> – Bodenchemische und -physikalische Untersuchungen in der Fläche – Bodenkartierung weiterer Flächen.

Resultate (Beispiel)

WZI-Projekt



Humusform und Säuregrad des Oberbodens – kolline bis montane Stufe (320–1200 m ü.M.)

(Blockschuttsandorte sind in der Darstellung nicht aufgeführt)

- 75% Mull, 23% Moder und 2% Rohhumus. → Rohhumus tritt in dieser Höhenstufe praktisch nicht auf.
- Mull weist sehr breiten (3,8–7,5), Moder recht schmalen (3,2–4,2) pH-Bereich auf.
- Der Abbau der organischen Substanz ist bei pH-Werten im Oberboden < 4,5 gehemmt.
- Je inaktiver die Humusform, desto schmaler ihr pH-Bereich und desto tiefer ihr pH-Minimal- und Maximalwert.
- Xero- wie Hydrovarianten nur im basischen pH-Bereich erkennbar.

Zusammenfassung

Der Poster veranschaulicht die bodenschutzrelevanten Projekte an der WSL. Sie lassen sich in drei Kategorien gliedern:

1. Permanente **Stichprobenetze** des Landesforstinventars (1x1-km- und 8x8-km-Raster)
2. **Typusaufnahmen**, z.B. die bodenkundlich definierten Lokalformen sowie Bodenaufnahmen zu typisch ausgeprägten Waldgesellschaften nach ELLENBERG und KLÖTZLI (1972)
3. **Fallstudien**, z.B. Dauerbeobachtungsflächen, Sturmschadenflächen und Untersuchungen zu «Critical Loads of Acidity».

Résumé

Recherches d'importance pour la protection du sol

Ce poster présente les projets du FNP qui contribuent largement à la protection du sol. Ils se divisent en trois volets, à savoir:

1. le suivi des **réseaux d'échantillonnage permanents** de l'inventaire forestier national suisse (grilles de 1x1 km et de 8x8 km)
2. les **relevés de types de stations**, telles les formes locales définies dans la pédologie, et les relevés pédologiques effectués dans des associations forestières classifiées par ELLENBERG et KLÖTZLI (1972)
3. des **études de cas**, réalisées entre autres sur les placettes d'observation permanentes ou les aires cyclonnées ainsi que les analyses de «Critical Loads of Acidity».

Literatur

BLASER, P.; ZIMMERMANN, S., 1993: Analytical Problems in the Determination of Inorganic Soil Contaminants. In: SCHULIN, R.; DESAULES, R.; WEBSTER, R; von STEIGER, B. (eds.) Monte Verità, ETH Zürich. Soil Monitoring. Basel, Birkhäuser. S. 201–218.

BULL, K.R., 1992: An introduction to critical loads. *Environmental Pollution* 77: 173–176.

Bundesamt für Raumplanung, 1980: Bodeneignungskarte der Schweiz (1:200000), EDMZ, Bern.

ELLENBERG, H.; KLÖTZLI, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 48: 589–930.

LÜSCHER, P.; RIGLING, A.; WALTHERT, L.; ZIMMERMANN, S., 1994: Waldzustandsinventur 1993, Bodenkundliche Erhebungen, *Bulletin BGS* 18: 69–76.

RICHARD, F.; LÜSCHER, P.; STROBEL, T., 1978ff: *Physikalische Eigenschaften von Böden der Schweiz*, Bände 1–4, Sonderreihe WSL, Birmensdorf.

EAFV, BFL (eds.) 1988: Schweizerisches Landesforstinventar: Ergebnisse der Erstaufnahme 1982–1986. *Ber. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 305: Kapitel 6.1.5 Boden, S. 75–76 und Karte Nr. 3, Bodenazidität.

UN ECE, 1993: Manual for integrated monitoring. *Environment Data Centre Helsinki. Environmental Report* 5: 114 S.

GIS-gestützte Bodenerosionsmodellierung in der NW-Schweiz

D. Dräyer, J. Fröhlich, M. Huber & D. Schaub

Geographisches Institut, Universität Basel,
Forschungsgruppe Bodenerosion, Spalenring 145, CH-4055 Basel

Resumé

Les grands efforts déployés pour évaluer l'érosion du sol "in situ" ont conduit à l'élaboration de nombreux modèles de prévision. En effet, des procédés relativement simples ont souvent présentés des résultats contradictoires et les modèles déterministes requièrent des paramètres qui ne sont pas tous connus avec précision. Notre approche qui procède en deux opérations intègre dans un SIG l'application d'un modèle d'érosion existant. Le modèle SIG amène une carte de localisation exacte des dégâts comme résultat de l'analyse du relief et une carte des risques d'érosion. A partir des couches d'informations SIG, toutes les données d'un versant présentant un risque d'érosion peuvent être transférées dans un modèle dynamique pour une calcul des pertes en sol.

1. Einleitung

Eine besondere Eigenschaft des Prozesses Bodenerosion ist die grosse zeitliche und räumliche Variabilität seines Auftretens. Direkte Abtragsmessungen unter Feldbedingungen sind daher im strengen Sinne nur für die eigentliche Messstelle und das entsprechende Niederschlagsereignis repräsentativ, die Ergebnisse können nicht einfach auf grössere Landschaftseinheiten und Zeiträume extrapoliert werden (RÜTTIMANN et al. 1995, SCHAUB & PRASUHN 1994). Das Gewinnen von flächendeckenden Informationen über Ausmass, Verbreitung und Formen der Bodenerosion als unabdingbare Voraussetzung für das Einleiten von vorbeugenden oder schadensvermindernden Gegenmassnahmen würde entsprechend eine grosse Anzahl aufwendiger und langwieriger Messungen bedingen. Um effizienter vorgehen zu können wurde eine Vielzahl von Verfahren entwickelt, mit denen für unterschiedliche Landnutzungs-Szenarien die Erosionsgefährdung abgeschätzt bzw. die Erosionsbeträge vorhergesagt werden können.

Eine Überprüfung von einfachen, empirischen Bodenerosionsmodellen anhand der langjährigen Messreihen der Forschungsgruppe Bodenerosion des Geographischen Instituts der Universität Basel ergab jedoch für einzelne Landschaftstypen sehr ernüchternde Resultate (SCHAUB & PRASUHN 1991). Auf der anderen Seite benötigen verbesserte, physikalisch begründete Modelle Eingangsdaten, die nur mit grossem Aufwand in der erforderlichen Auflösung erhoben werden können, wodurch das Vorgehen wieder ineffizient wird. Es soll daher hier ein anderer Ansatz vorgestellt werden, bei dem es nicht darum geht, ein komplett neues Erosionsmodell zu entwickeln, sondern bestehende Verfahren zu optimieren. Dazu dient eine differenziertere Parametrisierung der topographischen Verhältnisse, denn das Georelief stellt für die naturräumlichen Verhältnisse der Schweiz den wichtigsten Regler des Abtragsprozesses dar. Ausserdem sollte das Modell möglichst nur mit offiziell verfügbaren Daten auskommen.

2. Das Basler GIS-gestützte Bodenerosionsmodell

Das am Geographischen Institut der Universität Basel entwickelte zweistufige Verfahren bestimmt im ersten Schritt unter Einsatz von GIS-Techniken flächenhaft für Areale mit einer Ausdehnung von bis zu einem ganzen Kartenblatt 1 : 25'000 die Lokalitäten mit hohem Bodenerosionsrisiko

(FRÖHLICH et al. 1994). Für einzelne auf diese Weise gefundene gefährdete Hänge kann dann in einem zweiten Schritt ein niederschlagsereignisbezogenes, dynamisches Erosionsmodell eingesetzt werden, um die unter der gegebenen Landnutzung resultierenden Abtrags- und Akkumulationsbeiträge zu errechnen oder um für Planungszwecke die Effektivität von Landnutzungsszenarien zu simulieren (DRÄYER et al. 1994, DRÄYER 1996). Das GIS-Erosionsmodell der ersten Verfahrensstufe basiert auf der BA LVL (MARKS et al. 1989). Abb. 2 zeigt das Ablaufschema für die GIS-Arbeiten. Die Modellentwicklung erfolgte im langjährigen Erosionsuntersuchungsgebiet Anwil/BL (Abb. 1, Jura I), um eine Modellkalibrierung anhand von realen Abtrags- und Akkumulationsdaten zu ermöglichen.

3. Übertragung des GIS-gestützten Bodenerosionsmodells auf andere Räume

Als nächstes wurde das GIS-Modell zur Verifizierung auf die beiden Erosionsuntersuchungsgebiete JURA II und HOCHRHEIN II (FRÖHLICH 1994) übertragen und für das zweitgenannte Gebiet an die dort vorherrschenden Lössböden angepasst. Ziel war es von anfang an, die GIS-Arbeiten auch allein mit leicht zugänglichen, offiziellen, amtlichen GIS-Datensätzen durchzuführen. Für das Gebiet der Gemeinde Giebenach/BL wurden dafür nur die beiden Datensätze DHM25 (Digitales Höhenmodell 1:25'000 (Basismodell) des Bundesamtes für Landestopographie (L+T)) und die digitale Bodenkarte des Kantons Basellandschaft eingesetzt (DRÄYER 1995). Das Resultat ist eine Karte, die das Erosionsrisiko qualitativ aufzeigt (Abb.3) und damit die Lokalisierung der problematischen Geländeabschnitte ermöglicht.

4. Bedeutung des Relief-Faktors

Weil das Georelief die Bodenerosion massgeblich steuert, kommt der Untersuchung der Reliefdisposition für Abtrags- und Akkumulationsprozesse (= Reliefanalyse) im gesamten Verfahren die grösste Bedeutung zu. So war es z.B. möglich für den östlichen Teil der Gemeinde Arisdorf/BL, die östlich an Giebenach angrenzt, den GIS-Modellteil nur aufgrund des DHM25 und marginaler Landnutzungsinformationen (Pixelkarte 1:25'000 (PK25, L+T) und digitalisierte Parzellengrenzen) durchzuspielen. Ergebnis ist eine Reliefanalysekarte, die a) exakt die potentiellen Leitlinien für den erosionsauslösenden Oberflächenabfluss aufzeigt und b), ob davon Ackerflächen, Strassen, Gewässer oder Häusergruppen betroffen sind. Gegenüber bisher gebräuchlichen Reliefkennwerten wie dem LS-Faktor der USLE hat dieser Ansatz den Vorteil, dass die Fliesswege von ganzen Hängen berücksichtigt werden und nicht nur einzelne Ackerschläge. Für solche langen Hänge, die sich über mehrere Ackerschläge erstrecken, können sämtliche GIS-Datenschichten (Relief, Boden, Landnutzung) und damit insbesondere auch die DHM25 Reliefdaten in ein dynamisches Modell (EROSION 2D, PEPP (SCHMIDT 1994, SCHRAMM 1994) überführt werden. Für Methodenvergleiche können die im GIS integrierten DHM25-Daten auch für auch für die GIS-gestützte Berechnung des USLE-Topographiefaktors (LS-Faktor) genutzt werden (GOVERS et al. 1995) oder zur Bestimmung der Wasserflussbahnen und -kräfte aufgrund der Unit Stream Power Funktion (MITASOVA et al. 1994).

5. Fazit

Im dargestellten Zweistufenverfahren erweist sich die erste Stufe (GIS-gestützte Lokalisierung erosionsgefährdeter Bereiche) als besonders leistungsstark, da aufgrund leicht verfügbarer Datensätze (DHM25, PK25, digitale Boenkarte BL) rasch eine Bodenerosionsgefährdungskarte für Areale bis zu 210 km² Ausdehnung erstellt werden kann. Diese kann dazu dienen, für Bodenschutzplanungen diejenigen Gebiete zu bestimmen, wo für weitere Untersuchungen Schwerpunktakzente gesetzt werden müssen und wo z.B. in einem zweiten Schritt ereignisbezogene Erosionsmodelle eingesetzt werden sollen.

6. Literatur

- DRÄYER, D. & J.FRÖHLICH, 1994: A GIS-based soil erosion model for two investigation areas in the High Rhine valley and the Swiss Jura plateau (NW Switzerland), Proceedings of the 5th European conference and exhibition on geographical information systems (EGIS/MARI '94, Paris), EGIS foundation Utrecht/NL, 1032-1041
- DRÄYER, D., 1995: Bestimmung der Bodenerosionsgefährdung unter Verwendung amtlicher GIS-Daten. - In: Petermanns Geographische Mitteilungen, Gotha, (im Druck)
- DRÄYER, D., 1996: The Influence of the Scale on the Accuracy of the Results from a GIS-based Soil Erosion Modelling. = Proceedings of the Colloquium Floods, Slopes and River Beds, Paris 22-24 March 1995, (im Druck)
- FRÖHLICH, J., D. DRÄYER, & M. HUBER, 1994: GIS-Methoden in der landschaftsökologischen Raumbewertung mit einem Beispiel zur Bestimmung der Bodenerosionsgefährdung. - In: Die Erde, 125, 1-13
- FRÖHLICH, J., 1994: A GIS-based Soil Erosion Modell for Two Investigation Areas in Switzerland. - In: Abstracts of the 8th International Soil Conservation Conference (ISCO), New Dehli, 49-52
- GOVERS, G. & P. J. J. DESMET, 1995: A Procedure for the Calculation of the LS-Factor for USLE-Type Models on Topographically Complex Landscape Units. - In: Proceedings of the Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information, The Hague, 330-335, ISBN 3-905084-36-8
- MARKS, R., M.J. MÜLLER, H.LESER & H.-J. KLINK 1989: Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL). Forschungen zur dt. Landeskunde, 229, Trier, 222 S.
- MITASOVA, H., J. HOFIERKA, M. ZLOCHA & L.R. IVERSON (1994): Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. - In: Int. Journ. of GIS, 26 S.
- RÜTTIMANN, M., SCHAUB, D., PRASUHN, V. & W. RÜEGG (1995): Measurement of runoff and soil erosion on regularly cultivated fields in Switzerland - some critical considerations". Catena, 96, (im Druck)
- SCHAUB, D. & V. PRASUHN (1991): Bodenerosionsmodelle. In: MONBARON, M. & W. HAEBERLI (Hrsg.): Modelle in der Geomorphologie - Beispiele aus der Schweiz. = Berichte und Forschung, Geogr. Inst. Universität Fribourg, Vol. 3, 47-59.
- SCHAUB, D. & V. PRASUHN (1993): The role of test plot measurements in a long-term soil erosion research project in Switzerland. In: WICHEREK, S. (Ed.): Farm land erosion in temperate plains environments and hills, Amsterdam 1993, 111-123.
- SCHMIDT, J., 1994: Entwicklung eines computergestützten Modells zur Simulation der Bodenerosion und -deposition auf geneigten landwirtschaftlichen Nutzflächen einschliesslich des Stoffeintrages in Oberflächengewässer. Teil I, - Modellbildung, Entwicklung und Anwendung des 2D-Ansatzes -. Freiberg/Berlin, 165 S.
- SCHRAMM, M., 1994: Ein Erosionsmodell mit räumlich und zeitlich veränderlicher Rillenmorphologie (PEPP) (Process-oriented Erosion Prognosis Program). - In: Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, 190, 225 S.

7. Abbildungen

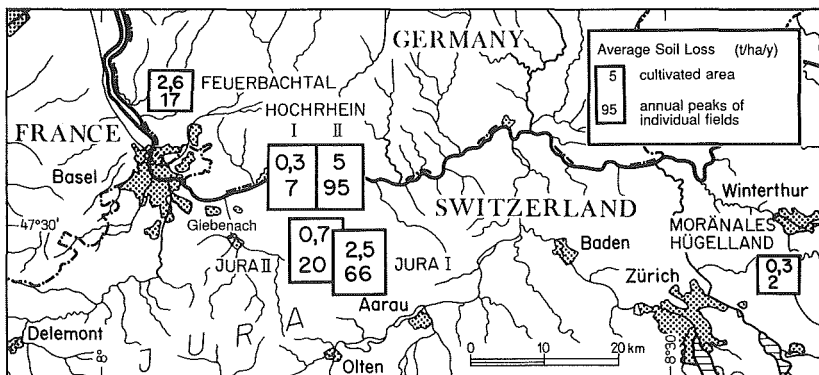


Abb. 1: Bodenerosionsuntersuchungsgebiete des Geographischen Institutes der Universität Basel

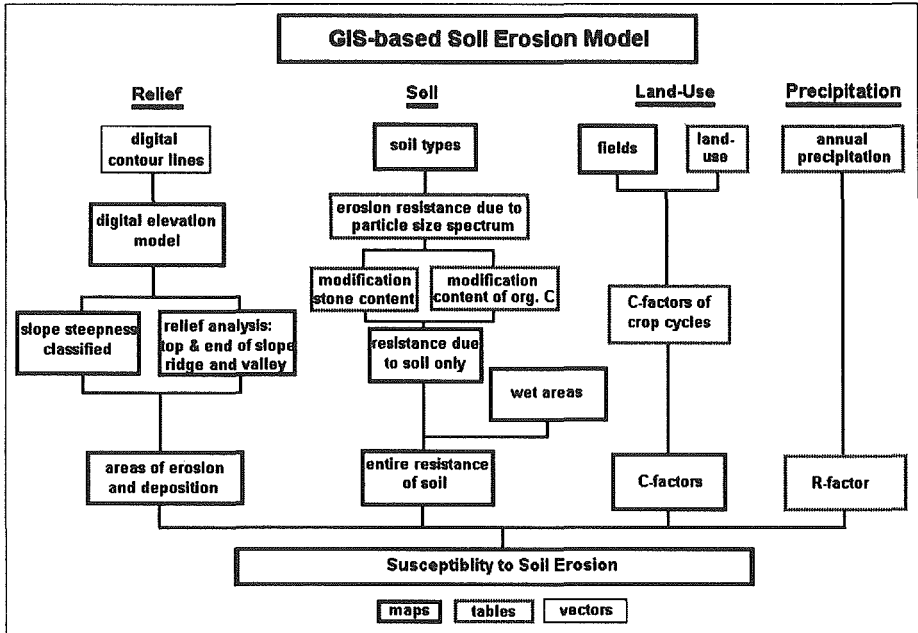


Abb. 2: Arbeitsablaufschaema für das GIS-gestützte Bodenerosionsmodell

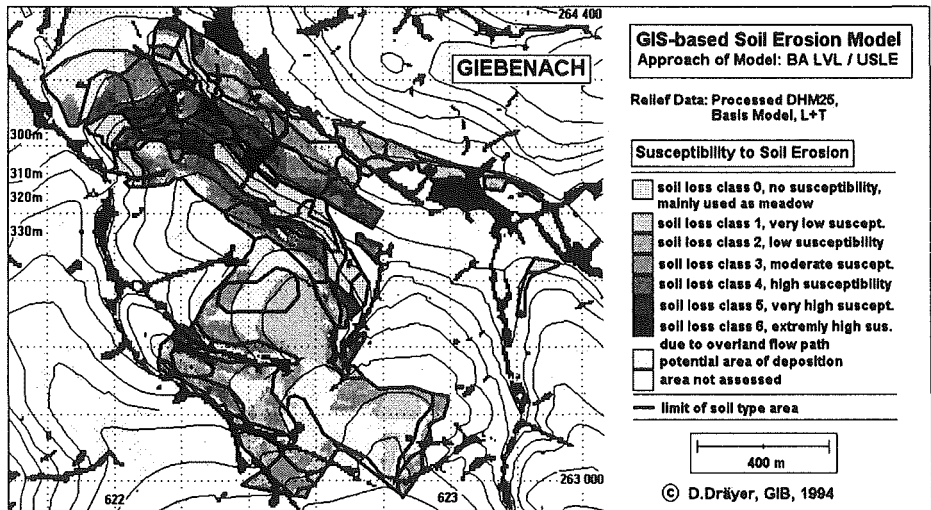


Abb. 3: Bodenerosionsgefährdungskarte der Gemeinde Giebenach/BL als Resultat des GIS-gestützten Bodenerosionsmodells. Reproduziert mit Bewilligung vom Bundesamt für Landestopographie (L+T) vom 28. Nov. 1994 (D-2208).

ABSCHÄTZUNG DER GEWÄSSERBELASTUNG DURCH EROSION IM KANTON BERN

Volker Prasuhn und Markus Braun

Eidg. Forschungsanstalt f. Agrikulturchemie u. Umwelthygiene (FAC), Gewässerschutz, 3097 Liebefeld-Bern

Résumé

Les pertes de phosphore d'origines diffuses ont été estimées dans 20 bassins versants du canton de Berne au moyen d'un modèle de flux de matière. L'érosion du sol des terres ouvertes représente seulement dans le Plateau une source diffuse importante anthropogène pour la charge des eaux. Le ruissellement superficiel des purins et lisiers sur prairies est la voie diffuse anthropogène la plus importante dans toutes les régions. La charge naturelle est très élevée dans les régions préalpines et alpines en raison de l'apport de matière dû à l'érosion naturelle; cette charge n'a cependant pas d'effet eutrophisant.

1. Einleitung

Für 20 hydrologische Einzugsgebiete im Kanton Bern wurden mit Hilfe eines Stoffflussmodells die Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer abgeschätzt und den Stofffrachten aus punktuellen Quellen gegenübergestellt (PRASUHN & BRAUN 1994). Dazu wurden in jedem Gebiet die Wasserflüsse (Oberflächenabfluss, Drainagenabfluss, Grundwasserabfluss) und die Stoffverluste (Abschwemmung, Erosion, Auswaschung, Drainagenverluste und 'Diverse diffuse Direkteinträge') gemeindeweise für verschiedene Landnutzungen auf der Grundlage arealstatistischer Daten berechnet. Die Einzugsgebiete lassen sich vier geographischen Regionen (Alpine Region, Voralpine Region, Mittelland, Jura) zuordnen. Entsprechend liegen bezüglich Klima, Böden, Landnutzung etc. sehr unterschiedliche Verhältnisse vor (Tab. 1). Die Einzugsgebietsgrößen schwanken zwischen 40 km² und 1100 km². Im folgenden werden speziell die für die Erosion getroffenen Annahmen und Ergebnisse der Gesamt-Phosphorverluste dargestellt.

Tab. 1: Durchschnittliche Landnutzungsverhältnisse und mittlere Jahresniederschläge in den vier Regionen.

Region	Wald (%)	Grasland (%)	Ackerland (%)	Unproduktiv (%)	Siedlung (%)	Niederschlag (mm)
Alpine Region	25	32	<1	40	2	1900
Voralpine Region	38	46	7	4	5	1471
Mittelland	31	31	25	1	12	1213
Jura	49	34	10	1	6	1459

2. Methodik

Es wurde zwischen der durch den Menschen verursachten, nutzungsbedingten Bodenerosion auf Ackerland und einer mehr oder weniger 'Natürlichen Erosion' (fluviale Erosion, Verwitterungsprozesse, Rutschungen, Erosion unter Wald und Grasland sowie auf Skipisten und Wanderwegen etc.) unterschieden.

Die Abschätzung der Materialumlagerung durch Bodenerosion auf Ackerland stützt sich auf Literaturdaten, die aus mehrjährigen Feldmessungen (Erosionsschadenskartierungen, Feldkastenmessungen) in der Schweiz resultieren (z.B. MOSIMANN et al. 1991, PRASUHN 1991). Mittels Analogieschlüssen wurden die dort gemessenen, mittleren Jahresabträge auf die Einzugsgebiete übertragen, wobei die Verteilung des Ackerlandes auf Hangneigungsstufen, die Erosivität der Niederschläge und die Erodibilität der Böden als Beurteilungskriterien herangezogen wurden. Auf Ackerflächen in Ebenen (0-3%) wurden 0 t·ha⁻¹·y⁻¹, in mittleren Hanglagen (3-16%) 1.0 - 1.5 t·ha⁻¹·y⁻¹ und in starken Hanglagen (>16%) 1.3 - 1.9 t·ha⁻¹·y⁻¹ als mittlere Bodenumlagerungsmengen angenommen. Aufgrund der Erosionsschadenskartierungen wurde der Anteil an Erosionsmaterial, der in ein Gewässer gelangt, für alle Gebiete mit 20% angenommen. Der Phosphorgehalt des Oberbodens des Ackerlandes wurde aus dem Gehalt an pflanzenverfügbarem Phosphor, für den umfangreiche Laboranalysen vorlagen, berechnet. Werte zwischen 500 mg P·kg⁻¹ und 1100 mg P·kg⁻¹ ergaben sich in Abhängigkeit von Bodenart und Düngung für die Ackerböden der verschiedenen Einzugsgebiete. Die Phosphoranreicherung im Erosionsmaterial wurde nach der Formel: Anreicherung = (2.53 x mittlerer Abtrag^{0.21}) x 0.75 berechnet.

Tab. 2: Ergebnisse der Abschätzung der Phosphoreinträge durch Erosion in die Gewässer der verschiedenen Einzugsgebiete.

	Bodenerosion auf Ackerland					Natürliche Erosion		
	Materialum- lagerung auf Ackerland	Materialum- lagerung auf Ackerland	Materialeintrag ins Gewässer vom Ackerland	P-Eintrag ins Gewässer vom Ackerland	P-Eintrag ins Gewässer vom Ackerland	Materialeintrag ins Gewässer vom Gesamtgebiet	P-Eintrag ins Gewässer vom Gesamtgebiet	P-Eintrag ins Gewässer vom Gesamtgebiet
	[t·y ⁻¹]	[t·ha ⁻¹ ·y ⁻¹]	[t·y ⁻¹]	[kg·y ⁻¹]	[kg·ha ⁻¹ ·y ⁻¹]	[t·y ⁻¹]	[kg·y ⁻¹]	[kg·ha ⁻¹ ·y ⁻¹]
Alpine Region								
Aare Oberhasli	31	0.8	6	9	0.24	244678	97871	1.80
Lütschine	12	0.6	2	4	0.21	157469	62987	1.60
Kander/Simme	142	1.0	28	39	0.27	431838	172735	1.60
Brienz./Thun. See	186	0.9	37	53	0.24	62587	25035	0.80
Voralpine Region								
Zulg	312	1.0	62	112	0.37	8875	3550	0.40
Rotache	529	1.2	106	185	0.41	2035	814	0.20
Chise	1388	1.3	278	474	0.44	2060	824	0.12
Gürbe	2203	1.0	441	795	0.36	5860	2344	0.19
Sense	3149	1.0	630	1131	0.37	17377	6951	0.20
oberes Emmental	1118	1.1	224	309	0.30	25791	10316	0.24
Mittelland								
Aare Thun - Bern	3752	1.1	750	1319	0.39	2951	1181	0.08
Worble	2148	1.5	430	752	0.51	1266	506	0.08
Aare Bern - Hagneck	7743	1.2	1549	3100	0.49	4393	1757	0.08
unteres Emmental	12595	1.1	2519	5154	0.45	11991	4797	0.10
Oenz	2795	1.3	559	840	0.38	1822	729	0.08
Langete	3493	1.2	699	1061	0.36	5818	2327	0.16
Aare Biel -Murg.	16655	0.9	3331	5116	0.29	16368	6547	0.11
Jura								
Bieler See	3246	1.0	649	942	0.29	3478	1043	0.07
Schüss	1145	1.0	229	216	0.19	5404	1621	0.07
Birs	1169	1.2	234	213	0.19	4945	1483	0.07
Gesamt	63804	1.07	12761	21824	0.37	1017006	405418	0.68

Diffuse Gesamt-Phosphorverluste (%)

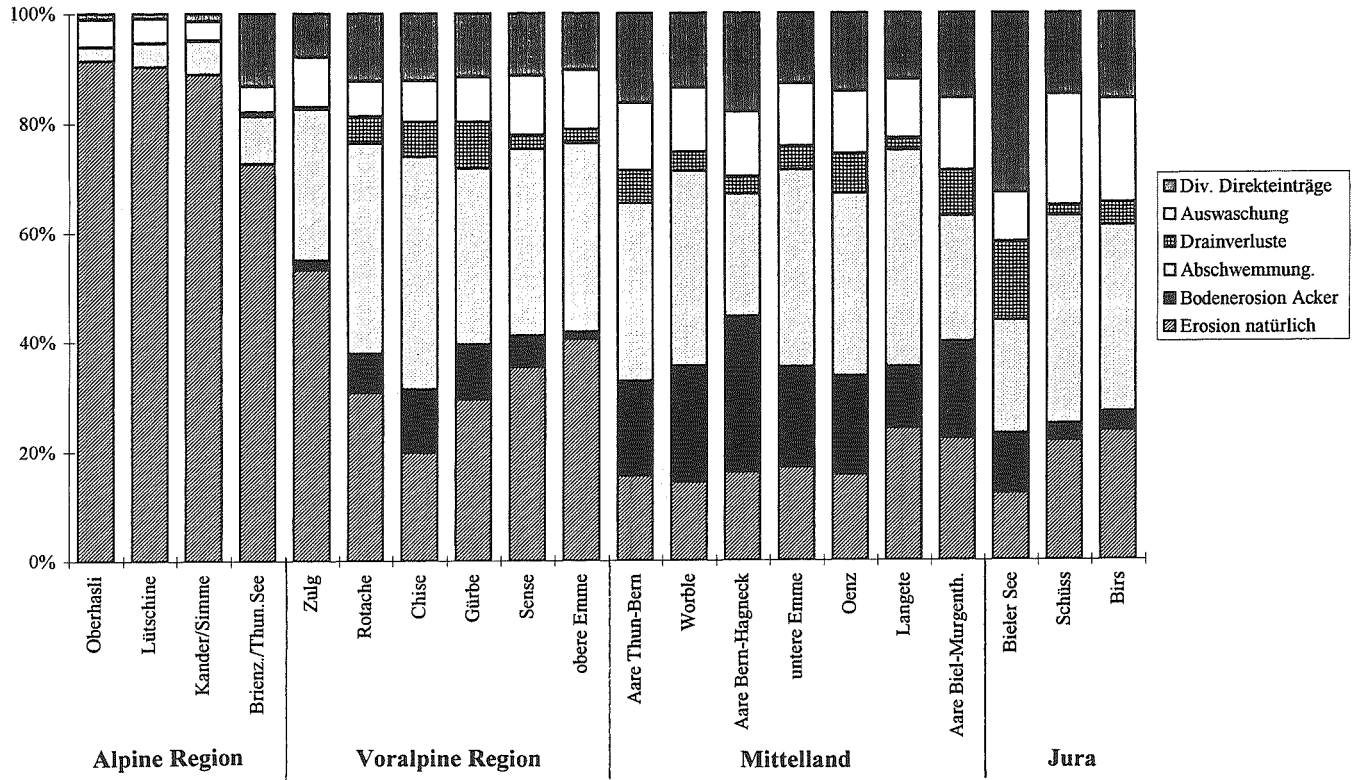


Abb. 1: Prozentuale Anteile der Phosphorverluste durch Erosion an den gesamten diffusen Phosphorverlusten.

Für die Abschätzung der 'Natürlichen Erosion' lagen keine Literaturdaten aus Feldmessungen vor. Die Verluste in die Gewässer wurden aus der Schwebstofffracht in den Gewässern (nach Abzug des Materialeintrags durch Bodenerosion von Ackerland) geschätzt. Die Werte schwanken zwischen $4.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ (Alpine Region) und $0.2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ (Mittelland), bezogen auf die Gesamteinzugsgebietsfläche. Die angenommenen Phosphorgehalte des Materials von 300 bis $400 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$ orientieren sich an Literaturdaten von Schwebstoffgehalten alpiner Flüsse und den Phosphorgehalten der Ausgangsgesteine. Die getroffenen Annahmen für die 'Natürliche Erosion' sind mit grossen Unsicherheiten behaftet.

3. Ergebnisse

Die Materialumlagerung durch Bodenerosion auf Ackerland beträgt im Mittel knapp über $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ (Tab.2). Dies ergibt bei insgesamt ca. 60 000 ha Ackerland für die 20 Einzugsgebiete ca. $64\,000 \text{ t} \cdot \text{y}^{-1}$. Ca. $13\,000 \text{ t} \cdot \text{y}^{-1}$ gelangen davon in die Gewässer; der grösste Teil im ackerbaulich am intensivsten genutzten Mittelland. Der Phosphoreintrag in die Gewässer liegt - bezogen auf die Ackerfläche - im Mittel bei ca. $0.4 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ (zwischen rund $0.2 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ im Jura und $0.5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ im Mittelland).

Die 'Natürliche Erosion' erreicht - bezogen auf die Gesamtfläche - im Mittel $0.7 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$, wobei in der Alpen Region mit bis zu $1.8 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ extrem hohe Werte auftreten. Über alle 20 Einzugsgebiete gesehen beträgt der Anteil der 'Natürlichen Erosion' ca. 95% am gesamten Phosphoreintrag in die Gewässer durch Erosion. Hierbei handelt es sich allerdings überwiegend um mineralischen, nicht eutrophierungswirksamen Phosphor, der zur Natürlichen Hintergrundlast zu rechnen ist. Nur in einigen Mittellandgebieten ist der Phosphoreintrag durch Bodenerosion von Ackerland höher als derjenige durch 'Natürliche Erosion'.

In Abb. 1 werden die prozentualen Anteile der Gesamt-Phosphorverluste durch Erosion an den gesamten diffusen Gesamt-Phosphorverlusten dargestellt. In der **Alpinen Region** stellt die 'Natürliche Erosion' mit über 90% den dominanten diffusen Eintragspfad in die Gewässer für Gesamt-Phosphor dar. Bodenerosion von Ackerland tritt aufgrund minimaler Ackerflächen kaum auf (<1%). In der **Voralpinen Region** sind die 'Natürliche Erosion' mit ca. 40% und die Abschwemmung (vor allem Gülleabschwemmung von Grasland) mit ca. 35% die grössten Belastungsquellen. Die Bodenerosion von Ackerflächen trägt nur mit 1% bis 11% zur diffusen Gesamt-Phosphorbelastung bei. Im **Mittelland** überwiegt die Abschwemmung mit ca. 30%. Die 'Natürliche Erosion' erreicht hier rund 20%, die Bodenerosion von Ackerflächen einen Anteil zwischen 11% und 29% der diffusen Gesamt-Phosphorverluste. Im **Jura** überwiegt die Abschwemmung mit 33%. Die 'Natürliche Erosion' erreicht rund 20%. Die Bodenerosion von Ackerflächen trägt nur mit 3% bis 11% zur diffusen Gesamt-Phosphorbelastung bei.

Eine Überprüfung der berechneten diffusen Gesamt-Phosphorverluste erfolgte über einen Vergleich mit den am jeweiligen Einzugsgebietsausgang gemessenen, mittleren jährlichen Gesamt-Phosphorfrachten (unter Berücksichtigung der punktuellen Gesamt-Phosphorfrachten).

4. Fazit

Die Abschätzung der Phosphorverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer im Kanton Bern hat ergeben, dass eine Gewässerbelastung durch Bodenerosion von Ackerflächen nur im Mittelland eine Rolle spielt. Die Gülleabschwemmung von Grasland ist aber auch hier, wie in allen anderen Gebieten, der grösste diffuse anthropogene Eintragspfad. Die Natürliche Hintergrundlast (überwiegender Eintragspfad ist die 'Natürliche Erosion') ist vor allem in der Alpen und Voralpinen Region sehr gross. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse werden in einem Folgeprojekt gezielte, regional angepasste Verminderungsstrategien zur Verringerung der diffusen Phosphorverluste konzipiert und Vorschläge zu deren Umsetzung unterbreitet.

Literatur

- MOSIMANN, T. et al., 1991: Erosionsbekämpfung in Ackerbaugebieten. - Themenbericht d. Nationalen Forschungsprogrammes 'Nutzung des Bodens in der Schweiz', Liebefeld-Bern, 187 S.
- PRASUHN, V., 1991: Bodenerosionsformen und -prozesse auf tonreichen Böden des Basler Tafeljura (Raum Anwil, BL) und ihre Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt. - Physiogeographica 16, Basel, 372 S.
- PRASUHN, V. & M. BRAUN, 1994: Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. - FAC-Schriftenreihe 17, Liebefeld-Bern, 113 S. + Anhang 100 S.

Niederschlag und Sickerwasser an fünf schweizerischen Lysimeteranlagen

Lysimeterkommission der BGS. Vorsitzender: H. P. Wegmüller. Autoren:

L. MENZEL, Geographisches Institut ETH, Abteilung Hydrologie, Winterthurerstr. 190, 8057 Zürich

J. NIEVERGELT, Eidg. Forschungsanst. f. landw. Pflanzenbau, Reckenholzstr. 191 / 211, 8046 Zürich

Zusammenfassung / Résumé / Summary

In einem Vergleich werden monatliche Niederschlags- und Sickerwasserhöhen von fünf Lysimetern der Schweiz gegenübergestellt und einer Interpretation unterzogen. Als Untersuchungszeitraum boten sich die fünf Kalenderjahre 1990 bis 1994 an. Die geographische Lage der einzelnen Lysimeter zeigt Abbildung 1. Tabelle 1 führt die wesentlichsten Angaben zu den ausgewerteten Stationen auf.

Les données mensuelles de précipitation et de percolation de cinq lysimètres suisses sont comparées et discutées. On a choisi pour cela les cinq années 1990 - 1994. La figure 1 montre la situation géographique des diverses stations lysimétriques. La table 1 donne des informations supplémentaires pour les stations considérées.

Monthly values of precipitation and percolation of five swiss lysimeters will be discussed. The period under consideration covers the five years from 1990 to 1994. The location of the different stations is shown in figure 1. Table 1 contains essential information about the stations used for this evaluation.

1. Niederschlag

Die mittleren jährlichen Niederschläge, die sich an den fünf Lysimeterstationen für den Auswertzeitraum ergeben, entsprechen in etwa den langjährigen Jahresmitteln für die entsprechenden Regionen, bezogen auf die Periode 1951 bis 1980 (KIRCHHOFER und SEVRUK, 1992). So erhalten die beiden in der Region Basel gelegenen Lysimeter die geringsten Niederschläge, wobei die Station Basel - Binningen mit einem Fünfjahresmittel von ca. 850 mm Jahresniederschlag den relativ gesehen trockensten Standort darstellt. An den Lysimetern Zürich - Reckenholz bzw. Suberg werden bereits über 1000 mm Niederschlag pro Jahr gemessen. Die orographisch bedingte Niederschlagszunahme auf der Achse Zürich - Säntis bewirkt schliesslich für die mit 755 m ü. M. am höchsten gelegene Station Gähwil - Rietholzbach ein Jahresmittel des Niederschlages von über 1400 mm.

Die hier kurz umrissenen Unterschiede im Jahresniederschlag treten auch bei Betrachtung der monatlichen Niederschläge zutage, d.h. in Basel - Binningen werden im allgemeinen die geringsten Monatssummen gemessen, im Gebiet Rietholzbach die höchsten. Im Niederschlagsregime dagegen unterscheiden sich die fünf Lysimeterstationen nur wenig voneinander. So stimmen die mittleren prozentualen Anteile der Einzelmonate am jeweiligen Jahresmittel des Niederschlages an allen Messstellen nahezu überein, wie Abbildung 2 (a) zeigt. Bereits der kurze Auswertzeitraum von nur fünf Jahren lässt eindeutig den in MENZEL und LANG (1991) beschriebenen Sommerniederschlagstyp erkennen, wobei der Juni im Durchschnitt die höchsten Niederschläge liefert. Die Monate Januar bis März sind dagegen durch im allgemeinen relative Niederschlagsarmut gekennzeichnet. In Suberg tritt - bezogen auf den Auswertzeitraum - ein sekundäres Minimum im Mai auf.

In Itingen und Suberg werden in trockeneren Sommermonaten gelegentlich Beregnungen durchgeführt. Diese zusätzlichen Wassermengen sind aber über den Auswertzeitraum betrachtet gering. Sie wurden in Abbildung 2 (a) nicht berücksichtigt.

In Abbildung 2 (b) sind die einzelnen Monatssummen der Niederschläge über die fünf ausgewerteten Jahre dargestellt. Gegenüber Abbildung 2 (a) wird deutlich, dass zum Teil erhebliche Abweichungen vom mittleren Niederschlagsgeschehen auftreten können. So fällt beispielsweise der überdurchschnittlich hohe Juliniederschlag 1993 am Lysimeter Rietholzbach auf. Dieser kam im wesentlichen durch ein kräftiges Einzelereignis zustande, das wegen seiner regionalen Bedeutung nurmehr in Zürich - Reckenholz zum dort ebenfalls hohen Monatsniederschlag beigetragen haben dürfte. Dagegen lässt sich der sehr trockene August 1991 an fast allen Stationen erkennen. Eine Ausnahme davon bildet Suberg, wo in diesem Monat zusätzlich bewässert wurde.

2. Sickerwasser

Zunächst ist anzumerken, dass es sich bei den hier vorgestellten Lysimetern um verschiedene Bautypen mit unterschiedlichen Flächengrössen und Bodenmächtigkeiten handelt (siehe auch Tabelle 1). Zudem gibt es Unterschiede in der Nutzungsart. Dies muss beim direkten Vergleich der Sickerwassermengen im Auge behalten werden. Gelegentliche Bewässerungen in Itingen und Suberg dürften keinen Einfluss auf die gemessenen Sickerwasserhöhen haben, weil diese zusätzlichen, sommerlichen Wassergaben wohl vollkommen von den Pflanzen ausgenutzt werden.

In Abhängigkeit vom Niederschlagsangebot treten zwischen den fünf Lysimetern zum Teil erhebliche Unterschiede im gemessenen Sickerwasser auf, wie auf Abbildung 2 (b) zu sehen ist. Die beiden Extreme sind wieder an den Stationen Basel - Binningen und Rietholzbach zu finden. So betragen die jährlichen Sickerwassermengen am Lysimeter Rietholzbach etwa zwei Drittel des Jahresniederschlags (MENZEL, 1991), wohingegen in Basel - Binningen ein mittlerer Anteil von nur ca. 16% am jährlichen Niederschlag auf das Sickerwasser entfällt. Während der Vegetationsperiode wird an allen Lysimetern keine oder nur geringe Aussickerung beobachtet. Dies zeigen besonders deutlich die Messungen am Lysimeter Basel - Binningen. Lediglich die Lysimeterstation im Gebiet Rietholzbach weist erst gegen Ende der Vegetationszeit geringere Sickerwassermengen auf. Hohe sommerliche Niederschläge und weniger günstige Verdunstungsbedingungen führen hier zu beinahe ständig hohen Bodenfeuchtwerten mit zum Teil beachtlichen, an starke Niederschlagsereignisse gebundenen Sickerwasserraten auch in der warmen Jahreszeit (MENZEL, 1991).

In Basel - Binningen wird ein Grossteil des Jahresniederschlags vom Verdunstungsanspruch der Pflanzen aufgezehrt, sodass hier lediglich im Winter und am Beginn der Vegetationszeit grössere Sickerwassermengen auftreten. Von dieser Station abgesehen, lässt sich im verdunstungsarmen Winter ein im allgemeinen guter Zusammenhang zwischen den monatlichen Verläufen von Niederschlag und Sickerwasser beobachten.

Wird bei Wasserhaushaltsuntersuchungen eine mehrjährige Messperiode betrachtet, so ist es zulässig, aus den Messungen von Niederschlag und Sickerwasser auf die Wasserhaushaltsgrösse Verdunstung zu schliessen, da angenommen werden kann, dass sich Vorratsänderungen im Bodenkörper dann ausgleichen haben. Trifft diese Annahme auf den Auswertzeitraum zu, dann ergeben sich ebenfalls grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Lysimetern. So überschreiten in Suberg und Basel - Binningen die Werte für die mittlere Jahresverdunstung 700 mm. In Itingen und Zürich - Reckenholz werden noch ca. 600 mm erreicht, während aus dem Lysimeter Rietholzbach nur noch ca. 450 mm verdunsten. Die genannten Werte sind jedoch mit grosser Zurückhaltung zu betrachten und bedürfen einer ausführlichen, jeweils standortspezifischen Interpretation. Es ist hierbei ein Anliegen der Arbeitsgruppe Lysimeter der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS), im Rahmen weiterer Vergleiche zu aussagekräftigen Resultaten zu gelangen.

3. Literatur:

KIRCHHOFFER, W. und SEVRUK, B. (1992): Mittlere jährliche korrigierte Niederschlagshöhen 1951 - 1980. Kartenblatt 2.3 des Hydrologischen Atlas der Schweiz, herausgegeben von der Landeshydrologie und -geologie, Bern.

MENZEL, L. (1991): Wasserhaushaltsstudien im Einzugsgebiet der Thur (Ostschweiz). Analyse hydrologischer Feldmessungen 1976 - 1985. Berichte und Skripten Nr. 46, Geographisches Institut ETH Zürich, 206 S.

MENZEL, L. und LANG, H. (1991): Über die Schwankungen der Wasserhaushaltsgrössen im voralpinen Raum. Interner Bericht zum Vortrag im Rahmen der 171. Jahresversammlung der SANW / ASSN in Chur, 9. - 12. Oktober 1991. Geographisches Institut der ETH Zürich, 6 S.

Danksagung

Für die Datenbereitstellung und die Diskussionen danken wir der Arbeitsgruppe Lysimeter der BGS, insbesondere den Herren A. Burgener, W. Schüepp und H. Wegmüller.

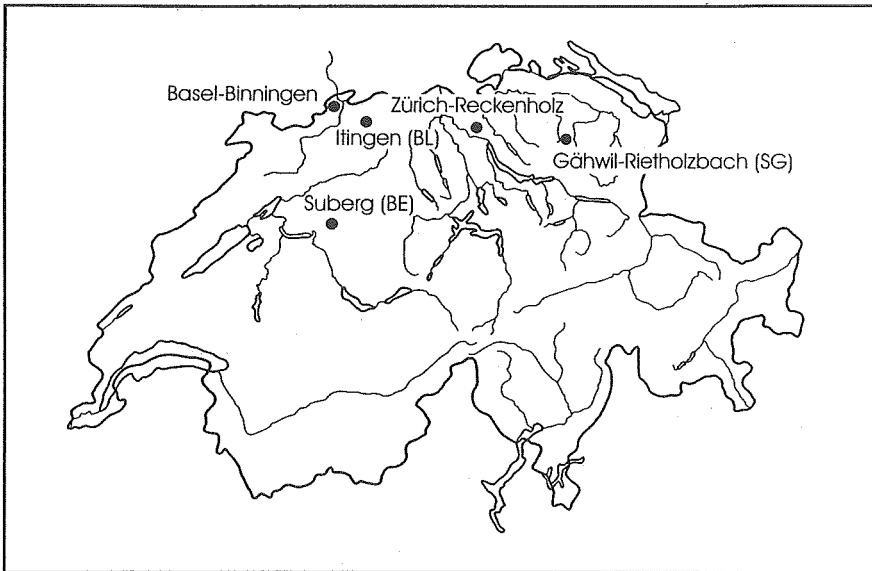


Abbildung 1: Die geographische Lage der beschriebenen Lysimeterstationen

Ort	Basel - Binningen	Gähwil (SG)	Itingen (BL)	Suberg (BE)	Zürich - Reckenholz
Meter über Meer	315	755	355	470	430
Vegetation	Wiese	Wiese	Getreide, Mais	Wiese	Acker- fruchtfolge
Oberfläche in m ²	3.07	3.14	1.0	0.79	3.14
Bodenmäch- tigkeit in m	2.1	2.2	1.2	0.95	2
Zusatzbe- wässerung	Nein	Nein	Nur wenn nötig	Ja	Nein
Nieder- schlags- messung	Hellmann	Joss-Tognini	Joss-Tognini	Hellmann	Joss-Tognini
Höhe (m) über Flur	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5

Tabelle 1: Zusammenstellung der wichtigsten Angaben zu den Lysimeterstationen

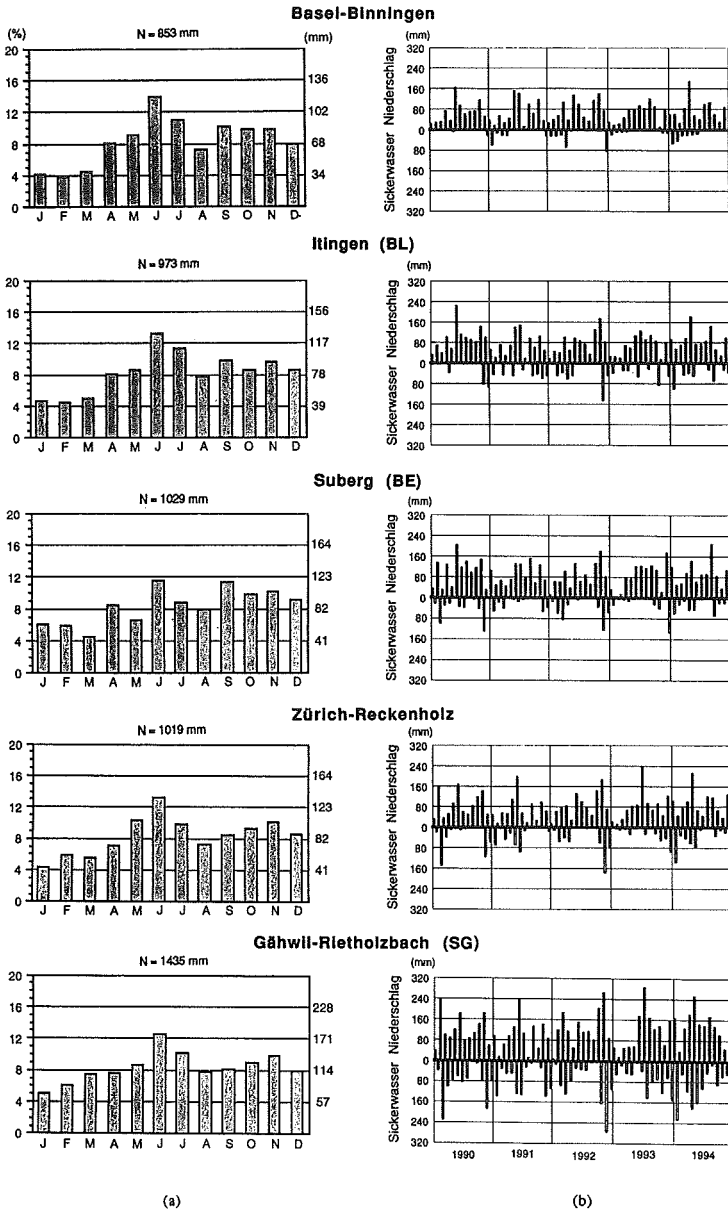


Abbildung 2 (a): Niederschlagsregime an den fünf ausgewerteten Lysimeterstationen. Aufgezeichnet sind die prozentualen Verteilungen der mittleren Jahresniederschläge N (1990-1994) auf die Einzelmonate. Auf den jeweils rechten Ordinaten sind dazugehörige, absolute Niederschlagshöhen (mm) verzeichnet.

Abbildung 2 (b): Monatliche Niederschlags- und Sickerwasserhöhen (mm) an den fünf Stationen. Der Auswertzeitraum umfasst die Jahre 1990 bis 1994.

Nach dem Sturm – Windwurf und seine Auswirkung auf den Waldboden

Janina Polomski
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
CH-8903 Birmensdorf

ZUSAMMENFASSUNG

Windwurf ist ein entscheidendes Ereignis, das zahlreiche Veränderungen, nicht nur im Baumbestand selbst, sondern auch im Boden bewirkt und Sukzessionsprozesse auslöst. Der Windwurf unterbricht die kontinuierlich ablaufenden Bodenbildungsprozesse und verändert radikal die im Verlauf langer Zeiträume entwickelten physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften: eine charakteristische Mikrolandschaft aus Kuppen- und Mulden-Paaren entsteht.

Bei bestimmten Windwurfformen kommt starke Durchmischung und Umlagerung der Bodenhorizonte vor. Damit ist eine ausgeprägte vertikale und horizontale Variabilität verschiedener Bodenparameter verbunden. Die vom Sturm verursachte «Kuppen-Mulden»-Mikrotopographie ist die Voraussetzung für die mosaikartige Artenverteilung mit einer artenreichen Pflanzendecke. Dieses Mosaik widerspiegelt die Abhängigkeit der Pflanzen von den jeweiligen Standortseigenschaften.

Einführung

In einem Waldökosystem ist «steady state» ein seltener Zustand. Viel mehr unterliegt das Ökosystem ständigem, durch zerstörerische Ereignisse wie Trockenheit, Feuer oder Windstürme bedingtem Wandel.

Vom Sturm geworfene Bäume werden im allgemeinen als Bild der Zerstörung empfunden. Solch schwerwiegende Natureingriffe sind aber für den Wald auch eine Chance der Erneuerung. Die neu entstandene Mikrotopographie sowie die Durchmischung und Umlagerung der Bodenhorizonte lösen verschiedene kurz- bis langfristige Prozesse aus, nicht nur im Boden allein, sondern im gesamten Waldökosystem.

Das Projekt «Dauerbeobachtungen von Sturmschäden im Gebirgswald» (N. Kuhn, B. Stöckli und J. Polomski, WSL Birmensdorf) hat zum Ziel, die Auswirkungen des Orkans «Vivian» vom Februar 1990 und die natürliche Vegetationsentwicklung auf Sturmschadenflächen zu studieren. Im Rahmen dieses Projektes wurde auf ausgewählten Flächen auch der Windwurf und dessen Auswirkung auf den Waldboden untersucht.

Mulden-Kuppen-Mikrotopographie hat sich geformt

Kaum einer denkt je daran, dass Wurzeln, ihrer primären Funktion als Verankerungs- und Versorgungsorgan enthoben, neue Aufgaben auch ausserhalb ihres Lebensraumes im Boden übernehmen. Die aufragenden Wurzelteller bilden für längere Zeit Nischen für Vögel und Kleintiere. Allmählich werden die Kuppen abgebaut und setzen während längerer Zeit Nährstoffe, vor allem Stickstoff aus der organischen Substanz frei.

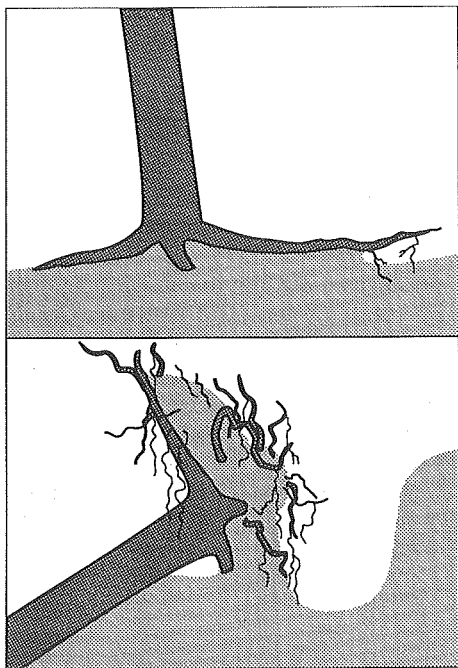
In Mulden kommt oft mineralische Feinerde an die Oberfläche, wo sich wegen erhöhten Basengehaltes und fehlender Konkurrenz Pionierpflanzen ansiedeln. In tiefgründigeren Feinerdeböden bilden sich gerne Tümpel, die in Block- und Schutthalden fehlen.

Mit der Zeit bildet sich aus den Wurzelballen und den Wunden im Erdreich eine charakteristische **Mulden-Kuppen-Mikrotopographie**, die im Bergwald beachtliche Anteile der Gesamtwaldfläche ausmachen kann.

Solche Ereignisse sind keineswegs nur für Gebirgswald typisch. Nicht selten werden Wälder des Mittellandes durch Stürme ebenso stark beschädigt.

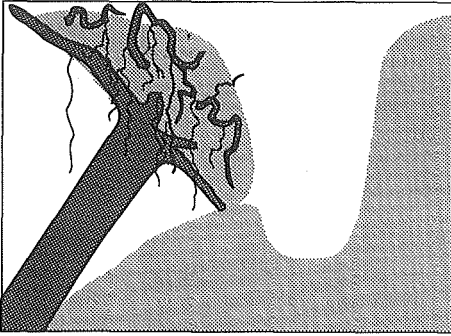
Formen und Dimensionen der Windwürfe

Das Ausmass der Bodendurchmischung ist von der Baumart, der Bodenbildung und klimatischen Bedingungen abhängig. Das Spektrum variiert von einseitig schwach angehobenen Wurzeltellern bis zu vollständig herausgerissenen und umgekippten Wurzelballen.



Der Wurzelteller ist nur geringfügig angehoben und verursacht kaum Veränderungen im Bodengefüge. Intakte Hauptwurzeln erhalten den Baum am Leben; die Verankerung ist dennoch geschwächt und Feinwurzeln im Boden sind oft abgerissen.

Auf flachgründigen Böden kann der Wurzelballen beinahe senkrecht aufgestellt werden. Einige Hauptwurzeln verankern ihn jedoch teilweise im Boden. Starke Horizontdurchmischung ist oft die Folge.



Der Wurzelteller ist vollständig aus dem Boden herausgerissen und umgekippt. Dadurch werden die Bodenhorizonte oft umgelagert: organische Substanz kann in tiefere Bodenhorizonte gelangen und mit Mineralerde zugedeckt werden.

Die neuen Lebensräume

Die Durchmischung des Bodens und punktuelle Veränderungen alter Bodenstrukturen schaffen stellenweise völlig neue Lebensvoraussetzungen für Pflanzen und Tiere. Auf engstem Raum entstehen mannigfaltige Standorte in kleinflächigem Wechsel, und es entwickeln sich die unterschiedlichsten Lebensräume.

Auf ungestörten Flächen verändert sich die Lage geringfügig: Für die Etablierung neuer Pflanzenarten bleibt keine freie Lebensnische übrig; die meisten Plätze sind bereits «besetzt».

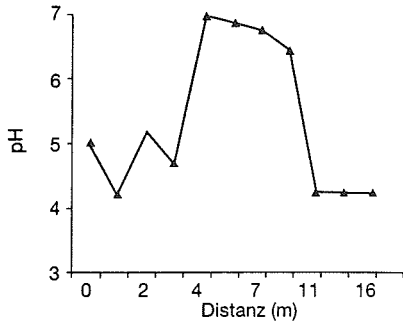
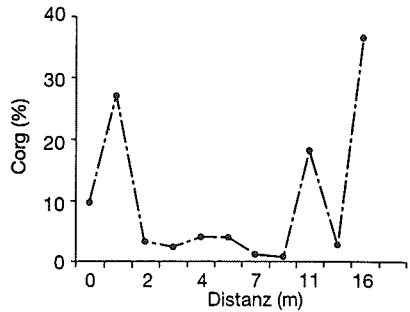
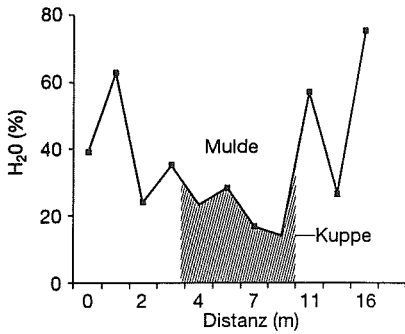
Wo ein sturmgeworfener Baum liegt, ist das ökologische Gleichgewicht gestört. Die entstandene Mulde wird trotz dicker Streuschicht, stauender Nässe sowie tieferen Bodentemperaturen bevorzugt durch schattentolerante und feuchtigkeitsbedürftige Kräuter und einige Laubbäume wie Ahorne, Weiden oder Vogelbeeren, besiedelt.

Für die sonnen- und windexponierte Kuppe sind starke Temperaturschwankungen, Austrocknung und ein geringes Nährstoffangebot charakteristisch. Diese Standorte werden von lichtbedürftigen und trockenheitsresistenten Pflanzen sowie von Nadelbaumarten erobert.

Räumliche Variabilität der Bodenparameter

Entlang eines sturmgeworfenen, entwurzelten Baumes wurden Bodenproben entnommen und einige Bodenparameter bestimmt.

Der Vergleich ungestörter Bodenprofile mit solchen in neuentstandenen Mulden und Kuppen verdeutlicht die Veränderungen der Bodeneigenschaften. Die Unterschiede der pH-Werte, der Wassergehalte und der organischen Substanz in vertikaler und horizontaler Richtung widerspiegeln im wesentlichen das Mikrotopographie-Muster. Auf der Kuppe und teilweise in der Mulde dominieren Eigenschaften der Mineralerde: tiefe Gehalte an H_2O und C_{org} sowie hohe pH-Werte. Je weiter von der Störungszone (schraffierte Fläche) entfernt, desto mehr gleichen die gemessenen Werte jenen ungestörter Bodenprofile.



Horizontale Variabilität einiger Bodenparameter entlang eines sturmgeworfenen Baumes in 0-5 cm Bodentiefe. Die sehr stark gestörten Bodenprofile sind durch die schraffierte Fläche markiert.

RÉSUMÉ

L'apparition de chablis est un événement décisif qui engendre de multiples modifications non seulement dans le peuplement forestier mais aussi dans le sol: l'évolution naturelle de la pédogenèse est interrompue; les propriétés physiques et chimiques du sol, qui s'étaient développées au cours de longues années, sont soumises à de profonds changements; des processus se déclenchent aussi dans l'évolution de la succession végétale.

Les chablis créent un microrelief typique fait de bosses et de dépressions.

Certaines formes de chablis engagent d'imposants remaniements et mélanges des horizons du sol. D'où l'énorme variabilité verticale et horizontale des divers paramètres du sol.

La microtopographie ainsi obtenue est la clé d'une couverture végétale riche en espèces qui se répartissent en mosaïque. Cette dernière caractéristique reflète la dépendance des plantes envers toute propriété biologique.

Schadstoffbelastung des Bodens entlang von Strassen

Alfred Enggist, Franz Borer

Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn, Abteilung Bodenschutz

Untersuchungen im Kanton Solothurn, Zielsetzungen:

1990:	Autobahnen:	Belastungen des Bodens und deren Ausdehnung
1991:	Autobahnen:	Symmetrie der Belastung Mobilität der Schwermetalle in saurem Milieu Grundwassergefährdung
1992:	Kantonsstrassen:	Belastungen des Bodens und deren Ausdehnung Belastung der strassennahen Vegetation Belastung des Strassenwischgutes
1993:	Gemeindestrassen:	Belastungen des Bodens und deren Ausdehnung

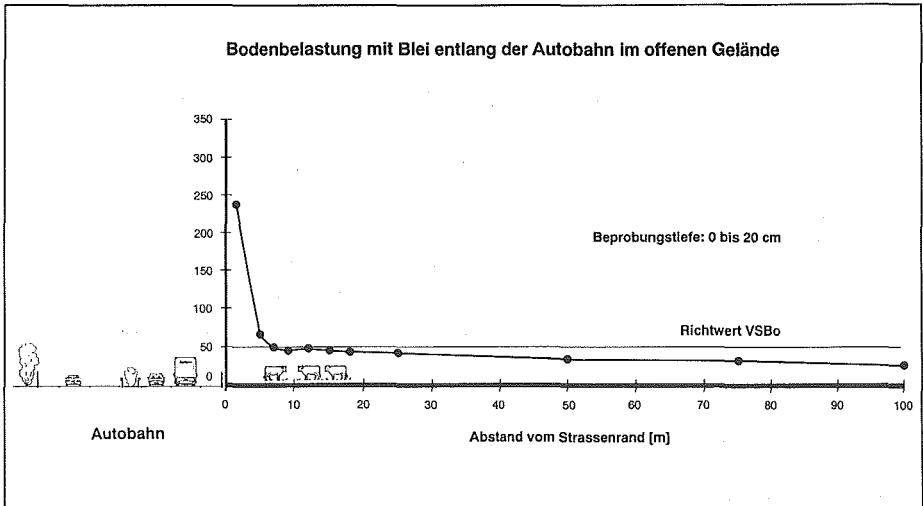
Relevant ist die Bodenbelastung entlang von Strassen durch die Schwermetalle **Blei**, **Cadmium** und **Zink** (Totalgehalte nach VSBo) sowie durch die Gehalte an **Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)**.

Die **löslichen Schwermetallgehalte** sind nebst dem Totalgehalt vom pH-Wert abhängig. Am stärksten sind die Richtwerte für lösliches **Zink** in den beprobten Waldprofilen überschritten.

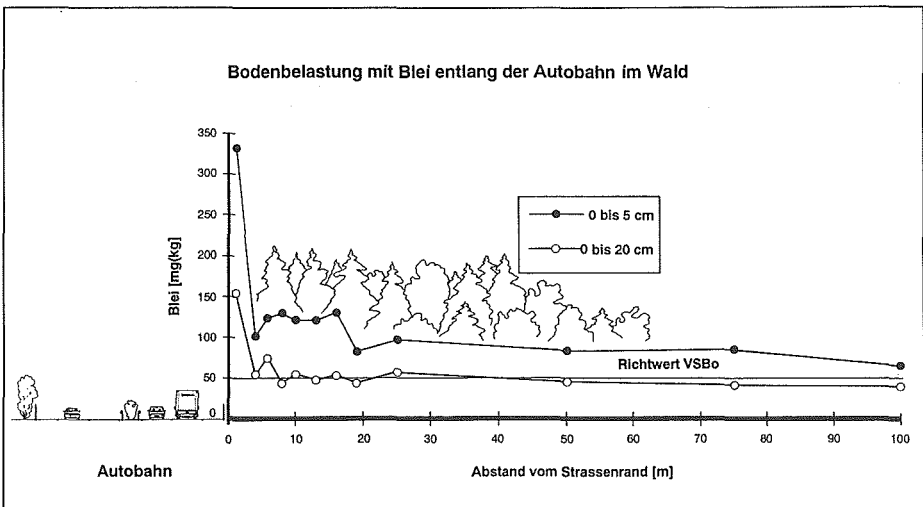
Bezüglich der Totalgehalte der 3 Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink weist die **Blei-**belastung die **weiteste seitliche Ausdehnung** entlang der Strassen auf.

Autobahnen:

Die Unterschreitung des Richtwertes VSBo für Blei erfolgt in **offenem Gelände in ca. 10 Metern Abstand ab Autobahnrand**, der Betrag des Referenzwertes (an einem von der Autobahn nicht direkt beeinflussten Standort) wird in ca. 100 Metern Abstand erreicht.



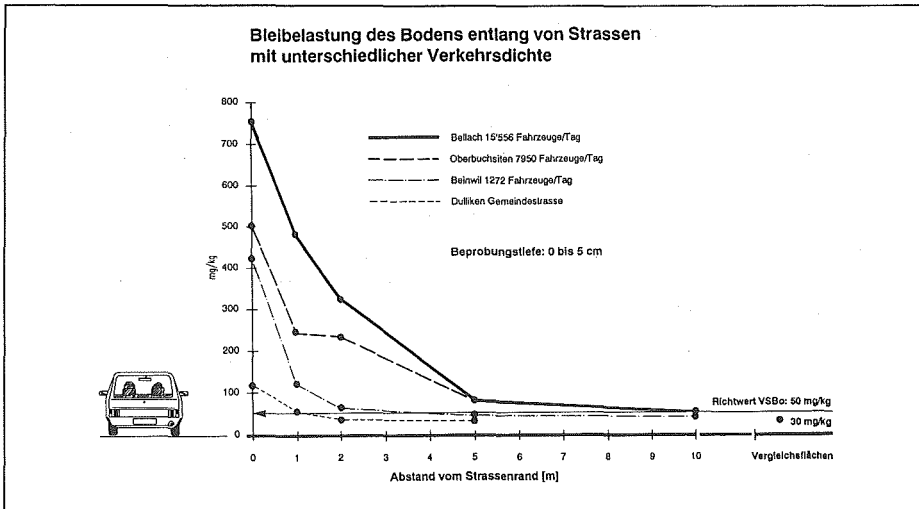
Im **Wald** bleibt der **Bleigehalt** (offensichtlich bedingt durch den Auskämmeffekt) nach anfänglich mehrfacher Richtwert-Überschreitung **innerhalb der ersten 10 Meter bis ca. 25 - 50 Meter Abstand vom Fahrbahnrand** weiterhin im Bereich dieses Richtwertes.



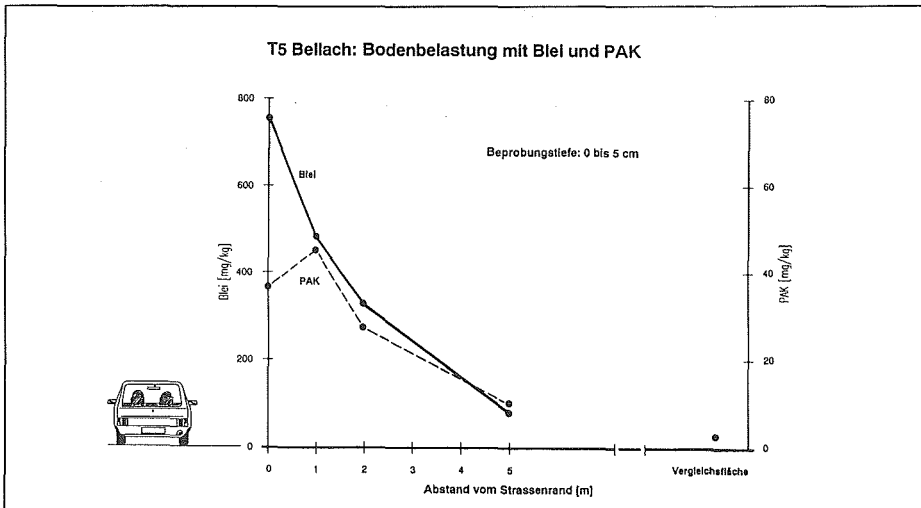
Andere Strassen:

Die **Schwermetallbelastung des Bodens** entlang von Strassen hängt stark von deren **Verkehrsdichte** ab.

Stark befahrene Strassen weisen im Nahbereich **höhere Bodenbelastungen** auf als Autobahnen, vermutlich eine Folge ihrer längeren Betriebsdauer.



An stark befahrenen Strassen nimmt die **Bodenbelastung mit Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)** – verglichen mit den Werten der Vergleichsfläche – in etwa die Grössenordnung der Bleibelastung an.



Schlussfolgerungen:

- Verkehrsachsen wirken als **Linienquellen** für Emissionen verschiedener **Schwermetalle** und **organischer Schadstoffe**, herrührend von Treibstoffen, Pneu- und Fahrbahnabrieb
- Neben **Cadmium** und **Zink** haben sich vor allem **Blei** und **PAK** im Boden angereichert.
- Die durch die Emissionen von Autobahnen verursachten Immissionen wirken sich deutlich messbar vornehmlich in einem **Band von ca. 10 Metern Breite** ab Fahrbahnrand auf den Boden aus (im Wald tendenziell auf einem breiteren Streifen)
- Entlang anderer **starkbefahrener Strassen (ca. > 5000 Fahrzeuge pro Tag)** ist beidseitig ein Streifen von **5 bis 10 Metern als Belastungsfläche** einzustufen. Dabei ist zu beachten, dass hier im Gegensatz zu den Autobahnen die landwirtschaftliche Nutzung bis nahe an den Strassenrand erfolgt!
- Die Immissionen wirken sich effektiv auf einen wesentlich grösseren Raum aus und führen schleichend zu einer **grossflächigen Erhöhung der Grundbelastung** an Schadstoffen im Boden
- Im betroffenen Gebiet sind der Belastung angepasste **Nutzungsbeschränkungen** zu empfehlen. **Belastetes Bodenmaterial** darf nur unter bestimmten **Auflagen** abtransportiert und weiterverwendet werden.

Literatur:

Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn, 1994: Schadstoff-Belastung der Böden entlang von Autobahnen. AfU-Berichte Nr. 1.

Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn, 1994: Untersuchung der Schadstoffbelastung von Boden und Vegetation entlang von Kantonsstrassen sowie von Strassenwischgut. AfU-Berichte Nr. 6.

Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn, 1994: Untersuchung der Schadstoffbelastung des Bodens entlang einer Gemeindestrasse. AfU-Berichte Nr. 7.

Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn, 1994: Schadstoffbelastung des Bodens entlang von Strassen. Synthesebericht der Untersuchungen 1990 bis 1993. AfU-Berichte Nr. 8.

Schadstoffbelastung des Bodens und der Vegetation im Umfeld einer 300 m Schiessanlage

Franz Borer¹⁾, Alfred Enggist¹⁾, Monika Schenk²⁾

1) Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn, Abteilung Bodenschutz

2) Amt für Umweltschutz des Kantons St. Gallen, Fachstelle Bodenschutz

Zweck der Untersuchungen:

- Abschätzung des **Ausmasses der Bodenbelastung** mit Schadstoffen
 - **Grad der Belastung**
 - **Flächenhafte Ausdehnung** der Belastung
- Ermittlung der Schadstoffbelastung der **Vegetation** im Umfeld von Scheibenständen
- Beurteilung der Belastung im Hinblick auf eine **Gefährdung von Mensch und Tier**
- Ableitung von **möglichen Massnahmen**

Von den untersuchten Schadstoffen dominiert das **Blei** sowohl mengenmässig wie auch bezüglich der räumlichen Ausdehnung. Es kann deshalb als **Leitsubstanz** für eine flächenhafte Abschätzung der Bodenbelastung durch den Schiessbetrieb dienen.

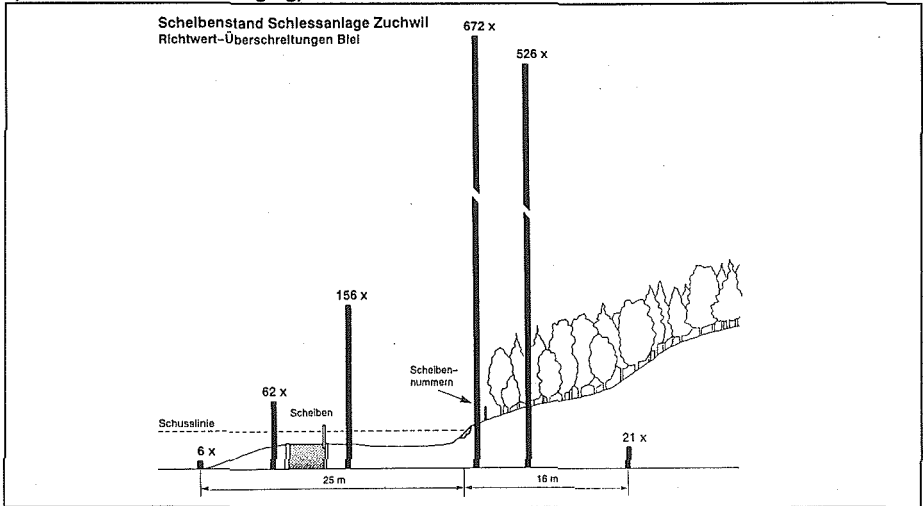
Markant ist die Bleibelastung im Umfeld der Scheibenstände, aber auch im Abschussbereich weist der Boden bei grossen Anlagen z.T. mehrfache Richtwert-Überschreitungen nach VSBo auf.

Die Schiessanlage, von der die nachfolgenden Resultate stammen, weist folgende Kennzahlen auf:

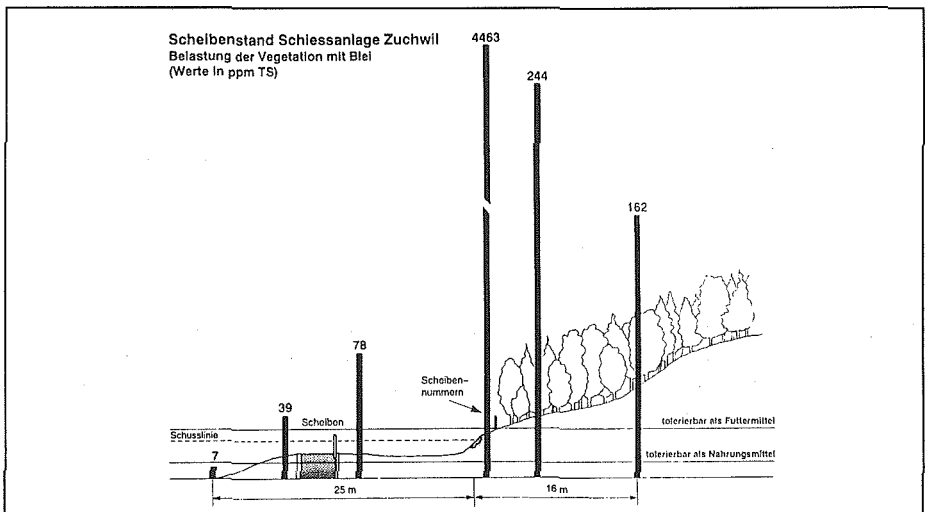
Anzahl Scheiben:	50
Jährliche Schusszahl:	150'000

Die Überprüfung der Belastung bei anderen Anlagen (in den Kantonen SO und SG) mit weniger Scheiben und weniger Schüssen pro Jahr zeigen grundsätzlich das gleiche Bild, wenn auch die absolute Höhe der Belastung mit abnehmender Schusszahl ebenfalls abnimmt

Die nachfolgende Grafik zeigt, dass die **Bleibelastung des Bodens im land- und forstwirtschaftlich genutzten Umfeld des Scheibenstandes bedeutsam ist:**
(Richtwert für Blei: 50 mg/kg)



Bei grossen Anlagen finden sich **Überschreitungen der Höchstwerte für Nahrungsmittel (10 mg Pb/kg TS) wie auch für Futtermittel (30 mg Pb/kg TS) nach LINDT et al. (1990) im land- und forstwirtschaftlich genutzten Gebiet:**



Die **Belastung der Vegetation** erfolgt vermutlich hauptsächlich durch vom Wind verfrachtete Bodenteilchen. Der Anteil des **Transfers Boden - Wurzeln - Spross** (pH-abhängig) an der Gesamtbelastung kann **noch nicht zuverlässig abgeschätzt** werden.

Bodenbelastung bei Schiessanlagen: Zonenausscheidung mit Massnahmenvorschlägen

Grosse Anlagen (Jährl. Schusszahlen > 50'000, bei kleinen Anlagen ist die Bodenbelastung und deren flächenhafte Ausdehnung entsprechend geringer)

Bereich	Bodengehalte Blei	Nutzungseinschränkungen *	Massnahmen bei der Aufhebung resp. bei Aushubarbeiten
bis ca. 50 m hinter Kugelfang	mehrheitlich > 50 ppm z.T. > 300 ppm	– kein Gemüsebau – kein Weidegang – keine Ernte von Beeren und Pilzen	Wiederverwendung des Aushubs gemäss VSBo-Mitteilung Nr. 4 (i.d.R. Kat. II)
bis ca. 20 m hinter Kugelfang	mehrheitlich > 1000 ppm	– keine landwirtschaftliche Nutzung – keine Ernte von Beeren und Pilzen – keine Kompostierung	Aufnahme ins Verdachtsflächenkataster Weitere Abklärungen / angepasste Nutzung Aushub = Entsorgung
Kugelfang	>> 1000 ppm	– Betreten für Kinder verunmöglichen – keine landwirtschaftliche Nutzung – keine Ernte von Beeren und Pilzen – keine Kompostierung	Entsorgung (i.d.R. Material für Reaktordeponie) evtl. Aufbereitung
bis ca. 20 m vor Kugelfang	mehrheitlich > 300 ppm z.T. > 1000 ppm	– Betreten für Kinder verunmöglichen – keine landwirtschaftliche Nutzung – keine Ernte von Beeren und Pilzen – keine Kompostierung	Aufnahme ins Verdachtsflächenkataster Weitere Abklärungen / angepasste Nutzung Aushub = Entsorgung
bis ca. 50 m vor Kugelfang	mehrheitlich > 50 ppm z.T. > 300 ppm	– kein Gemüsebau – kein Weidegang – keine Ernte von Beeren und Pilzen	Wiederverwendung des Aushubs gemäss VSBo-Mitteilung Nr. 4 (i.d.R. Kat. II)
10 m vom Schützenhaus bis 50 m vor Kugelfang	um 50 ppm > 300 ppm möglich	in der Regel keine Beschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung	Abklärungen, evtl. Untersuchungen notwendig
bis ca. 10 m vom Schützenhaus	> 50 ppm z.T. > 300 ppm	– kein Gemüsebau – kein Weidegang	Wiederverwendung des Aushubs gemäss VSBo-Mitteilung Nr. 4

* gemäss geltender Rechtslage können für nicht-gewerbliche Nutzungen lediglich Anweisungen in Form von Empfehlungen gegeben werden.

Die Belastungsbereiche sind sehr allgemein gehalten, da sie von Anlage zu Anlage schwanken.

Die Tragweite der Massnahmen bei grösseren Anlagen rechtfertigt individuelle Untersuchungen.

Schlussfolgerungen:

- Im Umfeld von Scheibenständen liegen **Schadstoffbelastungen des Bodens und der Vegetation** vor, die bei grossen Anlagen weit ins land- und forstwirtschaftlich genutzte Gebiet hineinreichen
- Mengemässig bedeutendster Schadstoff ist das **Blei**
- Die Bodenbelastung rechtfertigt die Aufnahme der betreffenden Gebiete in das **Altlasten-Verdachtsflächenkataster**
- Die massive Bleibelastung der Kugelfänge erfordert **Zutrittsbeschränkungen**
- Angepasst an die räumliche Ausbreitung der Boden- und Vegetationsbelastung sind **Nutzungsbeschränkungen** anzuordnen (entsprechend Entwurf zur Änderung des USG, Art. 34). Zum jetzigen Zeitpunkt können allerdings lediglich Anweisungen im empfehlenden Sinne abgegeben werden.
- Beim **Abbruch von Schiessanlagen** ist das Material des Kugelfanges umweltgerecht zu entsorgen
- Bei der **Weiterverwendung von belastetem Aushubmaterial** ist nach der **VSBo-Mitteilung Nr. 4** vorzugehen
- **Neue Anlagen:**
 - **technische Kugelfänge und weitere Massnahmen zur Reduktion der Schwermetall-Einträge prüfen**
 - evtl. Anlagen vermehrt zusammenfassen.

Literatur:

AfU (Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn), 1994: Schadstoffbelastung des Bodens bei Schiessanlagen. Untersuchungen an zwei Schiessanlagen im Kanton Solothurn. AfU-Berichte Nr.5.

AfU (Amt für Umweltschutz des Kantons Solothurn), 1995: Schadstoffbelastung des Bodens und der Vegetation im Bereich von Schiessanlagen. Folge-Untersuchungen an drei Schiessanlagen im Kanton Solothurn. AfU-Berichte Nr.17.

AfU SG (Amt für Umweltschutz des Kantons St. Gallen), 1995: Die Schwermetallbelastung des Bodens bei Schiessanlagen im Kanton St. Gallen.

LINDT, T.J. et al., 1990: Kriterien zur Beurteilung einiger Schadstoffgehalte von Nahrungs- und Futterpflanzen. FAC-Schriftenreihe Nr. 8. Liebefeld-Bern.

METAUX LOURDS DANS LES SOLS. ESTIMATION SIMPLE DE LA FRACTION MOBILE DE Cd, Pb et Zn.

F. CELARDIN

Laboratoire cantonal d'agronomie, 4 ch. des Embrouchis (dir. G. Meylan), 1254 Jussy-Genève.

Les compartiments temporels du sol relatifs à son pouvoir fixateur d'éléments minéraux peuvent être appréhendés par des solutions extractives dont les caractéristiques sont définies par la nature des ions, le pH, la force ionique et la capacité tampon

En pratique agronomique et environnementale on se limite à deux catégories de réactifs:

1. Extractifs pour l'offre immédiate (I) représentant approximativement la solution-sol (fraction mobile, intensité): l'eau ou des solutions aqueuses de sels neutres à faible force ionique (H_2O , $CaCl_2$, $NaNO_3$, etc.)
2. Extractifs pour l'offre potentielle (U) représentant les réserves mobilisables à plus ou moins long terme selon le pH du réactif, sa capacité tampon et son pouvoir complexant (HNO_3 , $AcONH_4$ + EDTA pH:4.65, etc.)

Il a été observé, dans le cas du phosphore, que le rapport des concentrations dans ces deux catégories d'extractifs et significativement reliée au pouvoir de rétention (R) du sol mesurée par dilution isotopique (Celardin 1991).

$$\frac{(P)_{\Delta\Delta EDTA}}{(P)_{H_2O}} = 0.0736 R - 1.3214 \quad (r^2 = 0.828) \quad (1)$$

Cette approche simple, appliquée aux concentrations de métaux lourds dans 13 sols contaminés de Suisse, montre une relation directe avec les coefficients de distribution (K_d) déterminés par des isothermes d'adsorption.

Les calculs effectués à partir des données publiées (Aten & Gupta 1994) permettent de mettre en évidence pour l'ensemble des sols, des corrélations très significatives entre la rétention apparente de chaque élément et le pH (excepté le Cu):

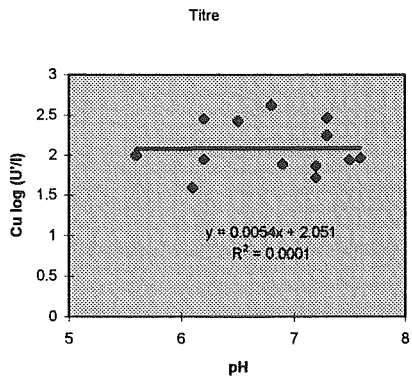
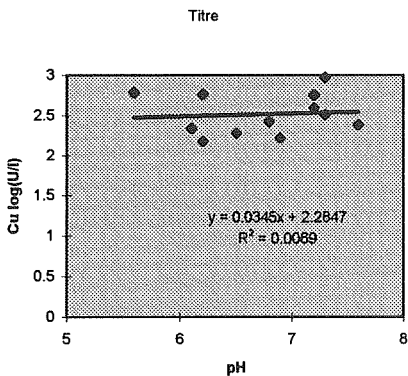
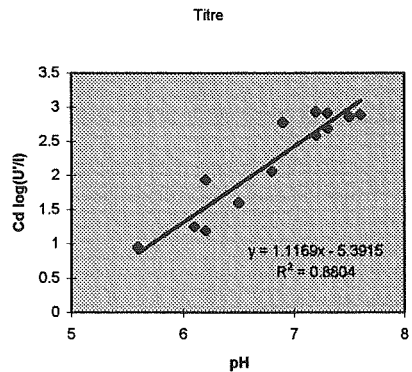
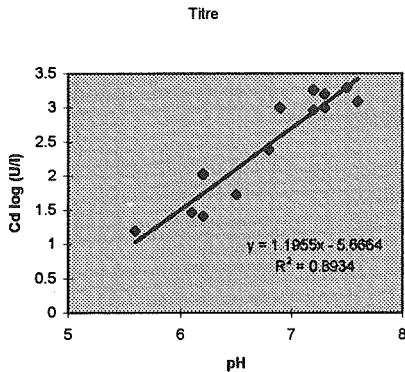
$$\log \frac{U}{I} = A(\text{pH}) + B \quad (2)$$

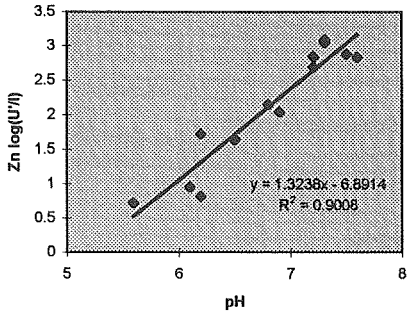
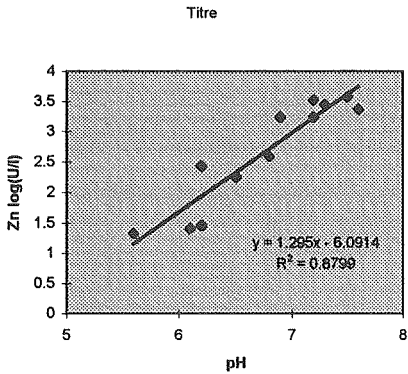
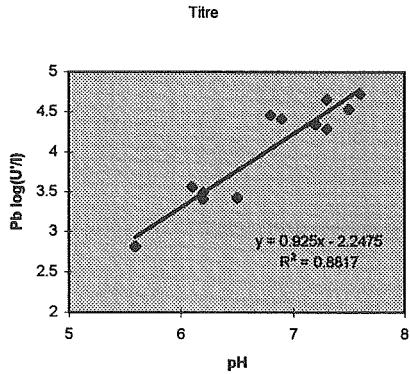
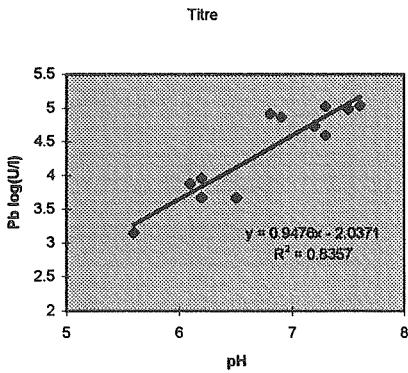
pH : dans CaCl_2 (0.01 M), 1:2.5 solide/solution, une nuit au repos.

U : extraction HNO_3 (2M), 1:10 solide/solution, bain-marie bouillant, 120 minutes

U' : extraction $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (0.5 M)+EDTA (0.02 M) pH 4.65, 1:10 sd/sn, agité 120 min.

I : extraction NaNO_3 (0.1 M), 1:2.5 solide/solution, agité 120 minutes.





Cette relation empirique (2) est de même forme que celle pour le coefficient de distribution (K_d) entre les phases solide et liquide du sol, obtenue à partir des isothermes d'adsorption pour le Cd, Co, Ni, Zn (Anderson et Christensen 1988) et pour le Cd (Gupta 1989):

$$\log(K_d) = \alpha(\text{pH}) + \beta \quad (3)$$

où selon le modèle proposé par Kurbatov et al. (1951) pour l'adsorption du cobalt sur l'hydroxyde de fer hydraté:

α : nombre de protons libérés suite à l'adsorption du métal

$\beta = \log K_e + \log(S-H\alpha)$

K_e : constante d'équilibre d'adsorption

$(S-H\alpha)$: concentration de sites actifs d'adsorption

Le K_d du cuivre qui semble être indépendant du pH pour les sols étudiés ici, peut s'expliquer, d'après ce modèle, par le fait que la concentration des sites d'adsorption, spécifique au Cu, diminue sensiblement en fonction du pH; ceci peut se présenter lorsqu'une concentration limite du métal est dépassée.

Conclusions provisoires

1. Le coefficient de distribution (K_d) peut être estimé à partir des concentrations dans deux extraits (U) et (I):

$$K_d = \phi \cdot \frac{U}{I} \quad (4)$$

2. La concentration mobile (I) de l'élément peut être calculée à partir de la mesure de la concentration mobilisable (U) et du (pH):

$$\log(I) = \log(U) - A(\text{pH}) - B \quad (5)$$

permettant ainsi de contourner les difficultés rencontrées lors des analyses en routine des très faibles concentrations de métaux lourds dans les extraits du type (I). Ceci constitue une aide non négligeable pour l'estimation des risques d'impact par des laboratoires disposant d'un équipement conventionnel.

3. Le domaine de validité de cette approche reste à définir pour des concentrations de ML et de types de sol plus étendus; ceci est particulièrement apparent dans le cas du Cu.

Bibliographie

ANDERSON P.R. & CHRISTENSEN T.H., 1988: Distribution coefficients of Cd, Co, Ni, and Zn in soils. *J. Soil Sci.* 39, 15-22.

ATEN C.F. & GUPTA S.K., 1994: On heavy metals in soil; rationalization of extractions by dilute salt solutions, comparison of the extracted concentrations with uptake by ryegrass and lettuce, and the possible influence of pyrophosphate on plant uptake. *The Science of the Total Environment* (in press).

CELARDIN F., 1991: Méthode d'estimation du pouvoir fixateur du sol: application au phosphore dans les sols genevois. *Archives des Sciences, Genève* 44 (2), 245-251.

GUPTA S.K., 1989: Metallverteilung zwischen fester und loeslicher phase des bodens und ihre bedeutung zur beurteilung oekologischer probleme. *Bulletin BGS* 13, 69-74.

KURBATOV M.H., WOOD G.B., KURBATOV J.D., 1951: Isothermal adsorption of cobalt from dilute solutions. *J. Physical & Colloid Chemistry* 55, 1170-1182.

Applying computer assisted tomography to study the contribution of earthworms to soil macroporosity

Daniel¹, O. & Kretzschmar², A.

¹ETH Zurich, Institute of Terrestrial Ecology, Soil Biology, Grabenstr. 3, CH-8952 Schlieren

²INRA-Zoologie, Laboratoire de Physique et Biologie des sols, F-84143 Montfavet

Earthworms are important soil organisms, since they create macropores in the soil. It has been recognised in the past years, that macropores are important for gas-, water- and solute-transport. Traditional methods for the description of soil macroporosity rely on excavation, often preceded by the infiltration of dye solutions, to recognise the macropores.

These traditional methods, however, are destructive. Therefore, we developed an alternative technique which is based on computer assisted tomography (CAT).

Basic strategies to quantify macroporosity involved:

- 1) Preparing soil cores (artificial or from the field)
- 2) CAT-scanning of soil cores (2 mm thick slices every 3 mm)
- 3) Image analysis of slices (RUSS, 1995)
- 4) Data processing of measurements.

We applied this technique:

- 1) to an artificial soil with macropores made with wires of 1, 2, 3, and 5 mm diameter at an angle of 15 ° to the soil surface (Fig. 1), and
- 2) to soil cores from a pre-alpine meadow with abundant earthworm burrows (Fig. 2) (DANIEL et al., 1995).

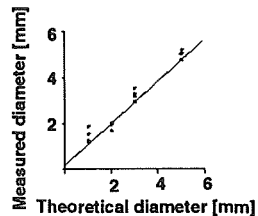
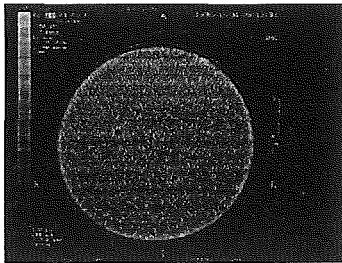


Fig. 1. CAT-scanning of artificial macropores and measured vs. theoretical diameters.

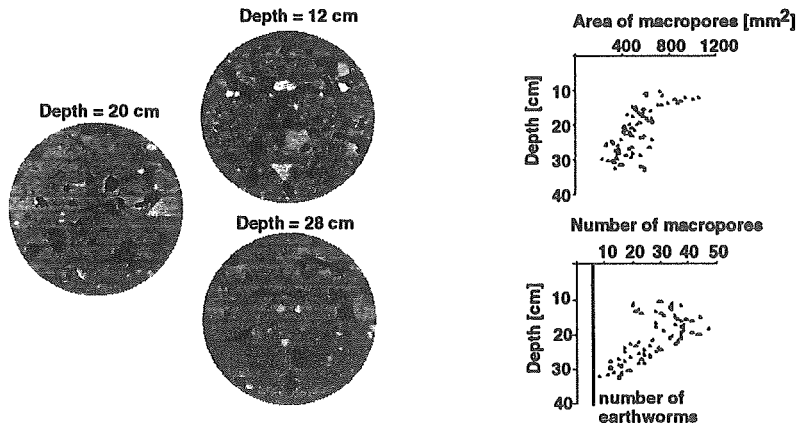


Fig. 2. CAT-scannings of a soil core from a meadow, and area and number of macropores (2 - 9 mm) vs. depth

The applications demonstrated that computer assisted tomography is a feasible tool to study macropores in the soil. Diameters of macropores (> 0.5 mm) may be measured reliably both within artificial soils and soil cores from a pre-alpine meadow. However, the contribution of earthworms vs. roots to the measured macroporosity remains unclear.

Our future efforts will focus on studying the relations between macroporosity, earthworm ecology and soil physical processes.

References:

- DANIEL, O., 1995: Surface cast production by the earthworm *Aporrectodea nocturna* in a pre-alpine meadow. Biol. Fertil. Soils (in press).
- RUSS, J., 1995: The image processing handbook. CRC Press, Boca Raton.

Microscopic methods to study the importance of micro-organisms in terrestrial food chains

Daniel, O., Schönholzer, F., Ehlers, S. & Zeyer, J.

ETH Zurich, Institute of Terrestrial Ecology, Soil Biology, Grabenstr. 3, CH-8952 Schlieren

Micro-organisms (bacteria and fungi) are an important factor of terrestrial food chains, since they colonise and decompose plant tissue and serve as a food resource for the soil fauna. Traditional methods of the quantification of micro-organisms include plate count techniques, marker molecules (e.g. muramic acid, chitin), fumigation and extraction of C-compounds and the measurement of physiological parameters (CO₂-production).

These traditional quantification methods, however, are inadequate for many applications. Therefore, we developed alternative techniques which are based on computer assisted microscopic methods (RUSS, 1995).

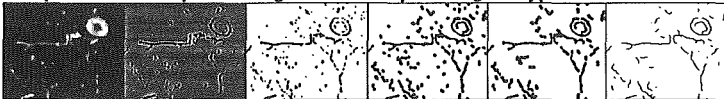
Basic strategies to quantify bacteria included (EHLERS, 1993):

- 1) Separation of bacteria from plant tissue by ultrasonication and centrifugation
- 2) Staining with the fluorescence dye DAPI
- 3) Mounting sample directly on slide
- 4) Counting of cells.

Basic strategies to quantify fungi included (DANIEL et al. (subm.)):

- 1) Separation of hyphae from plant tissue by hydrolytic and enzymatic hydrolyses
- 2) Staining with the fluorescence dye calcofluor
- 3) Membrane filtration of samples
- 4) Computer assisted processing of microscopic images (Fig. 1).

Computer assisted processing of microscopic images: hyphae



Computer assisted processing of microscopic images: subtraction of stomata



Fig. 1. Computer assisted processing of images of fungal hyphae.

The computer assisted microscopic method was successfully used for the following applications:

- 1) Measuring hyphal length of the fungus *Aspergillus niger* in submerge cultures
- 2) Recording the growth of fungi and bacteria during the decomposition of leaves of *Quercus petraea*
- 3) Quantifying the effect of biocides on the growth of fungi within leaves of *Quercus petraea*
- 4) Correlating feeding rates of the wood-louse *Porcellio scaber* with bacterial abundance in leaves of *Quercus petraea*.

The applications demonstrated that computer assisted microscopic methods are feasible tools to study the importance of micro-organisms in terrestrial food chains.

Our future efforts will focus on improving the user friendliness of the computer assisted quantification of micro-organisms and on the application of the method to study terrestrial food chains.

References:

- DANIEL, O., SCHÖNHOLZER, F. and ZEYER, J., (subm.): Quantification of fungal hyphae in leaves of deciduous trees by automated image analysis. J. appl. Env. Microbiol.
- EHLERS, S., 1993: Bedeutung von Mikroorganismen auf der Blattstreu für die Ernährung der Kellersassel *Porcellio scaber*. Diplomarbeit ETH.
- RUSS, J., 1995: The image processing handbook. CRC Press, Boca Raton.

Kantonale Bodenbeobachtungsnetze KABO: Ergebnisse, Mitteilungen

Kabo AG (Kantonales Bodenbeobachtungsnetz Aargau)

Thomas Muntwyler
Baudepartement des Kantons Aargau Abteilung Umweltschutz

KURZBESCHREIBUNG

Für die Überwachung der Bodenbelastung wurde im Kanton Aargau in den Jahren 1987/88 das Kantonale Bodenbeobachtungsnetz (Kabo) aufgebaut. Der Aufbau des Kabo wurde in 2 Phasen gegliedert:

Phase 1= Voruntersuchung
Phase 2= Hauptuntersuchung

Während der Voruntersuchung wurden 76 Probenahmestandorte evaluiert sowie Oberbodenproben entnommen und analysiert. Die erste Phase konnte mit einem Zwischenbericht 1991 abgeschlossen werden.

1991/92 wurde die erste Hauptuntersuchung durchgeführt und mit einem Kurz- und einem Hauptbericht 1994 abgeschlossen. Ausstehend sind die Untersuchungen der biologischen Parameter und die systematische Analyse der organischen Schadstoffe, die gemäss Konzept von 1987 für die erste Hauptuntersuchung geplant waren. Auf beiden Gebieten müssen die genauen Bestimmungsmethoden noch erarbeitet werden.

Das Kabo gestattet, den aktuellen Zustand der Böden aufzuzeigen und mit periodischen Zustandserhebungen Auskunft über Veränderungen der Schadstoffbelastung in den Böden im Kanton Aargau zu geben.

KONZEPT DER HAUPTUNTERSUCHUNG 1991/92

Das Kabo Aargau besteht aus 76 Probenahmestandorten. Von diesen Standorten liegen 53 im Wald und 23 auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Auswahl der Standorte erfolgte nach verschiedensten Kriterien, wie geologischer Untergrund, Windlage, Erreichbarkeit, Bodentyp, Nutzungsart und Entfernung zu Emissionsquellen. Dabei wurde darauf geachtet, dass die im Aargau vorwiegend vorkommenden Bodentypen vertreten sind.

Ein Probenahmestandort besteht aus einem Grundquadrat von 10m Seitenlänge. Innerhalb des Quadrates werden die flächendeckenden Mischproben und ausserhalb die übrigen Proben (Profilerhebungen, Streuproben) genommen.

Die Mischproben setzen sich aus jeweils 25 rasterförmig angeordneten Einstichen zusammen und beziehen sich auf den Oberboden (0-20cm). Zusätzlich wurden an allen Standorten Profilerhebungen durchgeführt. Für die spätere Analyse der organischen Schadstoffe wurden an sämtlichen Standorten separate Bodenproben (0-10cm) entnommen. Diese Proben sind zur Zeit tiefgekühlt archiviert. Jeder Standort wurde genau eingemessen und mit einem Probenahmeprotokoll inklusive Einmessblatt dokumentiert.

Das Untersuchungsprogramm umfasste folgende Parameter:

Totalgehalte: Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink, Fluor, Chrom, Cobalt, Quecksilber

Lösliche Gehalte: Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink, Fluor

Physikalisch-chemische Bodenkenngrößen: Porenverteilung, Porenvolumen, Wasserdurchlässigkeit, Raumgewicht, Körnung, potentielle und effektive Kationenaustauschkapazität, pH, organischer Kohlenstoff.

Nähr- und Mineralstoffe: Kalkgehalt, Stickstoff total, Phosphor total, Kalitestzahl, Phosphortestzahl, Eisenoxid, Aluminiumoxid, Manganoxid, Sulfat.

RESULTATE DER HAUPTUNTERSUCHUNG 1991/92

Generell kann festgestellt werden, dass die Belastung mit den wichtigsten anorganischen Schadstoffen im Kanton Aargau noch keine drastischen Ausmasse angenommen hat, obwohl sich einzelne Problemgebiete abzeichnen.

Waldstandorte

Tabelle 1 zeigt einen Gesamtüberblick aller 53 Waldstandorte der Untersuchung. Als Vergleich sind die Werte des Nationalen Bodenbeobachtungsnetzes (Nabo) und die Richtwerte der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) angegeben.

Tabelle 1: Waldstandorte, Oberboden (53 Mischproben 0-20cm)

Parameter	Häufiger Bereich (50%) <i>ppm</i>	Median <i>ppm</i>	Kabo		Richtwert- überschreitungen Anzahl	CH [1]	VSBo
			Minimum <i>ppm</i>	Maximum <i>ppm</i>		Median <i>ppm</i>	Richtwert <i>ppm</i>
Totalgehalte							
Blei	24 - 34	27.9	15.5	59	3	27.4	50
Cadmium	0.10 - 0.23	0.14	0.06	1.6	3	0.21	0.8
Kupfer	6.2 - 9.6	7.3	2.4	89.9	1	10.7	50
Chrom	14.6 - 18.4	16.4	10.1	60.2	0	21.4	75
Cobalt	4.8 - 7.8	6.1	2.2	14	0	5	25
Fluor	217 - 391	244	149	1368	12	355	400
Nickel	11.8 - 17.9	14.2	6.8	36.1	0	6.8	50
Quecksilber	0.10 - 0.18	0.13	0.05	0.35	0	0.14	0.8
Zink	33.5 - 51.0	36.5	23.9	157.7	0	46.2	200
Lösliche Gehalte							
Blei	0.01 - 0.14	0.07	0	0.6	0	---	1
Cadmium	0.006 - 0.019	0.015	0	0.07	4	---	0.03
Fluor	2.0 - 8.0	4.1	0.5	20	0	---	25
Kupfer	0.04 - 0.09	0.07	0.02	0.18	0	---	0.7
Nickel	0.04 - 0.21	0.13	0	0.37	15	---	0.2
Zink	0.17 - 1.89	1.2	0	2.88	36	---	0.5

[1]: Nationales Bodenbeobachtungsnetz Nabo

--- nicht bekannt

- Bei einigen Waldstandorten im Jura liegen schon die natürlichen Gehalte, insbesondere von Blei, Cadmium und Fluor, über den VSBo-Richtwerten.
- Die hohen löslichen Gehalte von Nickel und Zink sind eine Folge der tiefen pH-Werte der Waldstandorte.
- Der erhöhte Gehalt von Fluor löslich an einem Standort in Rheinfeldern geht auf die jahrelangen Emissionen eines nahegelegenen Aluminium-Produktionsbetriebes zurück.

Landwirtschaftsstandorte

Tabelle 2 zeigt einen Gesamtüberblick aller Landwirtschaftsstandorte der Untersuchung. Als Vergleich sind die Werte des Nationalen Bodenbeobachtungsnetzes Nabo und die VSBo Richtwerte angegeben.

Tabelle 2: Landwirtschaftsstandorte, Oberboden (23 Mischproben 0-20cm)

Parameter	Häufiger Bereich (50%) <i>ppm</i>	Median <i>ppm</i>	Kabo Minimum <i>ppm</i>	Maximum <i>ppm</i>	Richtwert-überschreitungen Anzahl	CH [1] Median <i>ppm</i>	VSBo Richtwert <i>ppm</i>
Totalgehalte							
Blei	21.3 - 36.3	27.2	14.3	47.8	0	22.8	50
Cadmium	0.26 - 0.57	0.43	0.16	1.73	3	0.25	0.8
Kupfer	13.6 - 28.5	21.2	9.8	276	1	21.2	50
Chrom	18.0 - 25.2	22	11.4	41.2	0	26.9	75
Cobalt	5.7 - 8.3	6.7	4.3	12.4	0	6.2	25
Fluor	298 - 648	416	208	1020	12	465	400
Nickel	16.4 - 28.4	20.8	1.2	47.4	0	23.3	50
Quecksilber	0.05 - 0.10	0.07	0.03	0.51	0	0.1	0.8
Zink	39.5 - 77.5	66	39.5	148	0	57.9	200
Lösliche Gehalte							
Blei	0.001 - 0.003	0.001	0.001	0.003	0	---	1
Cadmium	0.001 - 0.002	0.001	0.001	0.007	0	---	0.03
Fluor	5.0 - 13.5	10	1	21	0	---	25
Kupfer	0.06 - 0.13	0.09	0	0.72	1	---	0.7
Nickel	0.022 - 0.048	0.033	0.017	0.09	0	---	0.2
Zink	0.04 - 0.08	0.05	0.02	0.3	0	---	0.5

[1]: Nationales Bodenbeobachtungsnetz Nabo

--- nicht bekannt

- Den untersuchten Landwirtschaftsstandorten werden die Schadstoffe vor allem über qualitativ schlechten Dünger und Pflanzenbehandlungsmittel zugeführt.
- Für Fluor, Kupfer und Zink wird eine Anreicherung in den Landwirtschaftsböden durch die Bewirtschaftung vermutet.
- An den Standorten in Stetten und in Unterlunkhofen kann, durch das frühere Verwenden von Klärschlamm und Kompost schlechter Qualität, eine massive Cadmium- und Bleibelastung nachgewiesen werden.

FOLGERUNGEN

Aus den durchgeführten Untersuchungen ergeben sich die folgenden 10 praktischen Konsequenzen:

1. Die Kabo- Untersuchungen sind periodisch zu wiederholen.
2. Die Kabo-Untersuchungen sind nach dem Stand der Technik auszuweiten (biologische Parameter, organische Schadstoffe).
3. Die im Kabo gewonnenen Erkenntnisse können als Grundlage für ein Verzeichnis von belasteten Oberböden dienen.
4. Bei Bodenbelastung in der Nähe von Emittenten sollte der Boden flächenhaft untersucht und die belastete Zone abgegrenzt werden.
5. An den übermässig belasteten Landwirtschaftsstandorten ist das Erntegut zu beproben und analysieren.
6. Hilfsstoffe schlechter Qualität dürfen nicht mehr verwendet werden.
7. In den Landwirtschaftsböden muss die Entwicklung der Fluor-, Kupfer- und Zinkgehalte besonders beachtet werden.
8. Die Waldstandorte bei Rheinfeldern mit Fluor-Richtwertüberschreitungen sind periodisch zu überprüfen.
9. Der Schadstoffeintrag über die Luft ist generell weiter zu verringern.
10. Wir alle müssen und können einen Beitrag zum Schutze des Bodens leisten.

Für weitere Informationen kann der Hauptbericht oder die Kurzfassung bei der Abteilung Umweltschutz des aargauischen Baudepartementes (Tel. 064 / 21 27 50) bezogen werden. Die Kurzfassung ist kostenlos, für den umfassenden Hauptbericht wird eine Schutzgebühr von Fr. 25.-- erhoben.

Integrierte Bodenüberwachung (KABO) im Kanton Basel - Landschaft

Roland Bono¹⁾ und Thomas Mosimann²⁾

1) Amt für Umweltschutz und Energie, Rheinstrasse 29, 4410 Liestal

2) Abteilung Physische Geographie und Landschaftsökologie, Universität Hannover
und Terragon Ecoexperts AG, 4416 Bubendorf/BL

Zusammenfassung

Die langfristige Erhaltung gesunder Böden setzt voraus, dass Belastungen des Bodens und negative Entwicklungen für den Boden rechtzeitig erkannt und darauf aufbauend Massnahmen zum Schutze seiner Fläche, Substanz und Funktionen eingeleitet werden. Die dazu notwendige Bodenüberwachung muss vorausschauend und handlungsorientiert gestaltet sein und den Boden in seinem Nutzungs- und Systemumfeld betrachten. Der Kanton Basel-Landschaft baut eine solche integrierte Bodenüberwachung auf.

1. Notwendigkeit der Bodenüberwachung

Böden sind eines der kostbarsten Güter der Menschheit. Diese Feststellung aus der Bodencharta (1972) des Europarates gilt heute mehr denn je. Ein gesunder Boden erfüllt vielfältige und unverzichtbare Aufgaben im Naturhaushalt und für den Menschen: er ist Standort für eine artenreiche und biologisch aktive Tier- und Pflanzenwelt, er ermöglicht das ungestörte Wachstum von Pflanzen und Pflanzengesellschaften, er schützt als Filter des Grundwasser, und er trägt zu einer guten Qualität von Futter- und Nahrungsmitteln bei.

Es ist Aufgabe der Bodenüberwachung, Belastungen des Bodens und negative Entwicklungen für den Boden rechtzeitig zu erkennen und darauf aufbauend Massnahmen zur Erhaltung gesunder Böden einzuleiten. Der gesetzliche Auftrag dazu - im Rahmen des *qualitativen* Bodenschutzes - findet sich in der eidgenössischen Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo vom 9.06.1986; speziell Artikel 3 "Beobachtung der Bodenbelastung durch den Bund" und Artikel 4 "Beobachtung der Bodenbelastung durch die Kantone") sowie im Umweltschutzgesetz des Kantons Basel-Landschaft (USG BL vom 27.02.1991; speziell Artikel 37 "Bodenüberwachung").

2. Konzeption der integrierten Bodenüberwachung

Das "traditionelle" Verständnis von Bodenüberwachung im qualitativen Bodenschutz orientiert sich an einem mehr oder weniger umfangreichen Netz von Dauerbeprobungsstandorten, das im

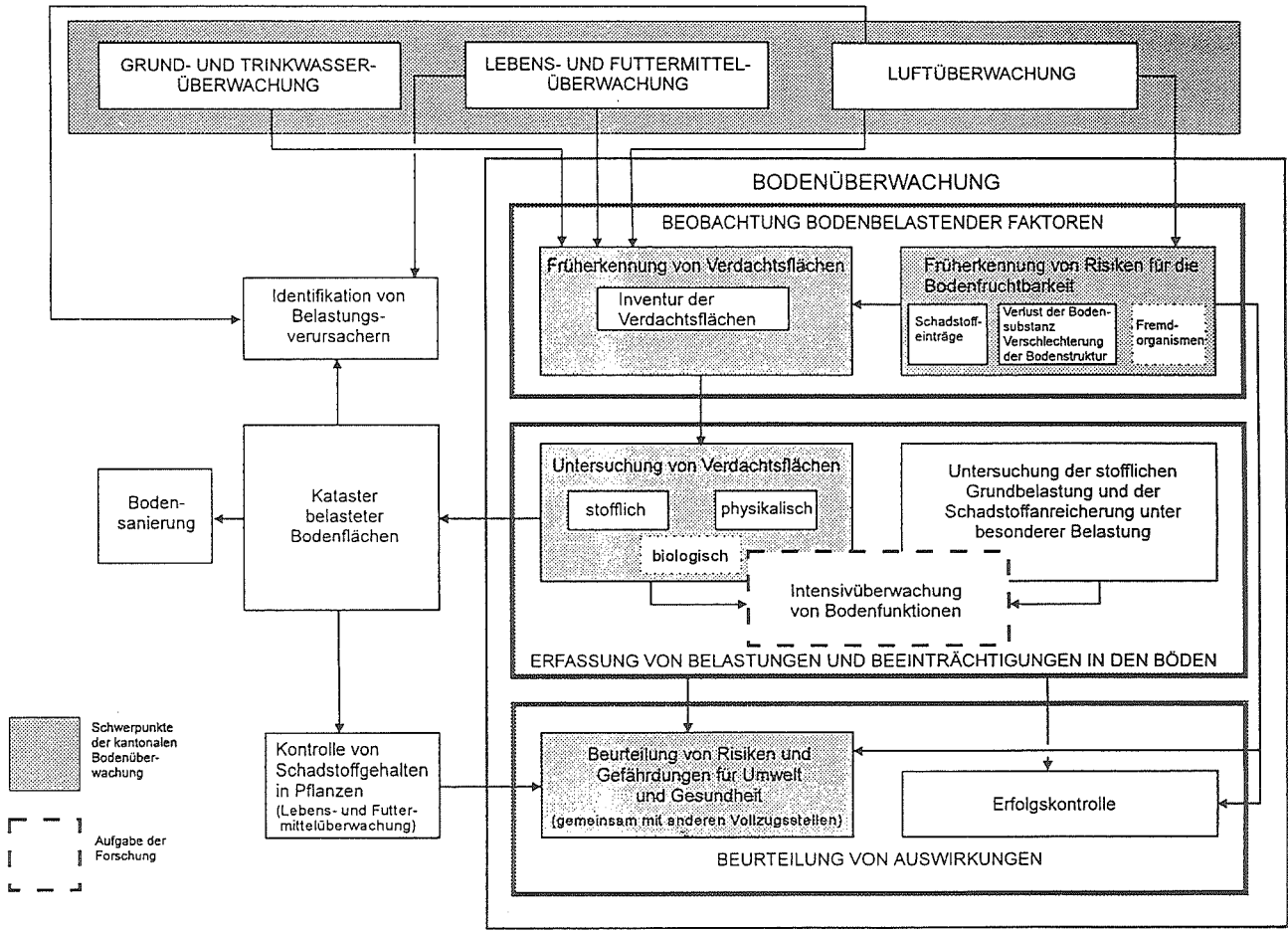


Abb. 1: Konzeption der integrierten Bodenüberwachung im Kanton Basel-Landschaft

wesentlichen der periodischen Inventarisierung eines Belastungszustandes des Bodens mit Schadstoffen (vorwiegend Schwermetalle) dient. Die Dauerüberwachung des Schadstoffstatus im Boden ist unbestritten ein unerlässlicher Bestandteil einer langfristigen Umweltüberwachung. Diese Aufgabe wird in der Schweiz weitgehend vom Nationalen Bodenbeobachtungsnetz (NABO) erfüllt. Umfangreiche Ergänzungen des NABO auf kantonaler Ebene sind u.E. sachlich nicht begründet. Sie weisen ein ungünstiges Verhältnis von Aufwand und Ertrag auf, denn sie sind zu wenig handlungsorientiert und vermögen nur in Einzelfällen neue Probleme aufzudecken.

Eine kantonale Bodenüberwachung (KABO), die das NABO im Sinne des Gesetzgebers inhaltlich und räumlich zu ergänzen vermag, zeichnet sich durch folgende Merkmale aus (vgl. dazu auch T. Scheurer 1994; P. Grolimund & K. Peter 1994):

- Konzentration der Überwachung auf Gebiete mit belasteten oder gefährdeten Böden,
- Berücksichtigung chemischer, physikalischer und ev. zu einem späteren Zeitpunkt auch biologischer Belastungen, Zustände und Funktionen,
- Berücksichtigung der Senken-, Filter- und Transformatorfunktion des Bodens,
- Abschätzung von Stoffströmen,
- Beobachtungen im Boden *und* im Bereich der einwirkenden Belastungsfaktoren,
- Frühzeitiges Erkennen von Belastungstrends und daraus resultierenden Risiken,
- Ableitung der von belasteten Böden ausgehenden Gefährdungen.

Zusätzliche Merkmale sind ein flexibler Aufbau (ermöglicht inhaltliche und räumliche Anpassungen an eine sich verändernde Problemlage), eine enge Verknüpfung mit der übrigen Umweltbeobachtung (namentlich in den Bereichen Luft, Wasser sowie Futter- und Nahrungsmittel) und eine gute Einbettung in das Vollzugsumfeld (zur Ausschöpfung der kantonalen Handlungsmöglichkeiten).

Der Kanton Basel-Landschaft baut eine solche integrierte Bodenüberwachung auf (Amt für Umweltschutz und Energie 1995; Abb. 1). Das Konzept leitet sich aus folgenden Überlegungen ab:

(1) Die Beobachtung bodenbelastender Faktoren, die Erfassung von Belastungen und Beeinträchtigungen in den Böden und die Beurteilung der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit sind gleichgewichtete Bestandteile der Bodenüberwachung. Die drei Bereiche stehen über die Abschätzung von Auswirkungen miteinander in Beziehung.

(2) Entsprechend der heutigen Problemlage müssen stoffliche und physikalische Belastungen und Beeinträchtigungen erfasst werden. Biologische Eigenschaften werden jedoch aus methodischen Gründen vorläufig nur an wenigen Standorten miteinbezogen.

(3) Die analytische Dauerüberwachung von Belastungen im Boden ist nach wie vor ein Kernbereich der Überwachung. Sie kann sich jedoch auf 10 - 15 Standorte beschränken und soll nur sicher interpretierbare Parameter miteinbeziehen. Experimente in diesem Bereich sind Aufgabe des Bundes.

Eine weitere wichtige Aufgabe der analytischen Überwachung ist die laufende Untersuchung einer variierenden Anzahl von Verdachtsflächen pro Jahr. Diese werden nur einmal oder

allenfalls zeitlich befristet beprobt. Je nach Ergebnis der Analyse werden sie in den Kataster der belasteten Bodenflächen übernommen oder scheiden aus der weiteren Überwachung aus.

(4) In der Früherkennung müssen "örtliche" Risiken und generelle, das heisst "flächendeckende" Risiken aufgedeckt werden:

- "örtlich": Möglicherweise belastete Flächen rechtzeitig erkennen durch Überprüfung und Bewertung lokaler Schadstoffpfade und besonders intensiver Bewirtschaftungsformen.
- "flächendeckend": Trendanalysen von atmosphärischen Stoffinhalten und der Bodenbewirtschaftung. Auch Luft-, Lebensmittel- und Trinkwasserüberwachung können sowohl Hinweise auf örtliche als auch generelle Risiken liefern, sofern sie in Teilbereichen mit der Bodenüberwachung abgestimmt werden.

(5) Die Beurteilung von Risiken für die mit dem Boden vernetzten Umweltkompartimente und die Gesundheit der Lebewesen ist der letzte entscheidende Schritt im Überwachungsablauf. Bei der Planung der Überwachung ist es deshalb wichtig, zu klären, ob und wie die einzelnen Risiken beurteilt werden sollen. Daraus resultieren die Anforderungen an die einzelnen Überwachungsparameter. Dies gilt im wesentlichen auch für die Erfolgskontrolle.

Für die operative Umsetzung dieser Überlegungen sind insgesamt 15 Bausteine der Bodenüberwachung definiert worden. Der jeweilige Ausbaugrad der Bausteine, die Monitoringintensität, ist primär in Abhängigkeit des zu erwartenden Verhältnisses von Aufwand (finanziell und personell) zu Ertrag (für den Bodenschutz) festgelegt worden.

3. Schrittweise und flexible Realisierung

Bodenüberwachung ist grundsätzlich eine langfristig anzulegende Aufgabe. Die diesbezügliche zeitliche Planung im Kanton Basel-Landschaft umfasst vorerst die nächsten 13 Jahre. Die Erhebungsintervalle für die 15 Bausteine der Bodenüberwachung variieren dabei von der Einmalerhebung über die periodische Erfassung (ca. alle 5 - 8 Jahre) bis zur Daueraufgabe. Der modulare Aufbau ermöglicht nicht nur die gestaffelte zeitliche Realisierung sondern erlaubt es auch, flexibel auf künftige Problemstellungen reagieren zu können.

4. Literatur

AMT FÜR UMWELTSCHUTZ UND ENERGIE (Hrsg.), 1995: Bodenüberwachung im Kanton Basel-Landschaft. Ziele - konzeptioneller Ansatz - Realisierung. Liestal, 50 S. (Autor: T. Mosimann)

BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT (BUWAL), 1993: NABO - Nationales Bodenbeobachtungsnetz. Messresultate 1985-91. Bern, 175 S.

SCHEURER, TH., 1994: Das Nationale Beobachtungsprogramm Boden (NABO). In: GROLMUND, P. & K. PETER: Integrierte ökosystembezogene Umweltbeobachtung. Konzept für die Einführung eines Beobachtungssystems. Zürich, S. 143-148

Kantonale Bodenbeobachtung St. Gallen

Auswertung der Erstbeprobung

Monika Schenk und Hermann Wismer, Amt für Umweltschutz des Kantons St. Gallen

1. Einleitung

Im Sinne eines präventiven Umweltschutzes und basierend auf das Umweltschutzgesetz wurde in den Jahren 1989 bis 1991 das Kantonale Bodenbeobachtungsnetz (KaBo) im Kanton St. Gallen aufgebaut. Dieses hat zum Ziel, den Bodenzustand und relevante Einwirkungen - insbesondere Schwermetalle und Säuren - zu erfassen, mögliche schädliche Entwicklungen frühzeitig zu erkennen und durch Gegenmassnahmen bereits im Ansatz zu verhindern. Das KaBo besteht aus 17 Grünland- und 8 Waldstandorten, welche über das gesamte Kantonsgebiet verteilt sind und unterschiedliche ökologische Verhältnisse bzw. zu vermutende Belastungen berücksichtigen. Pro Standort wurde eine Fläche von 100 m² beprobt und anschliessend relevante Bodenkenngrössen sowie Schadstoffgehalte analytisch bestimmt. Die folgenden vorgestellten Ergebnisse stammen grösstenteils aus dem Auswertungsbericht (Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Januar 1995).

2. Wesentliche Resultate der Auswertung

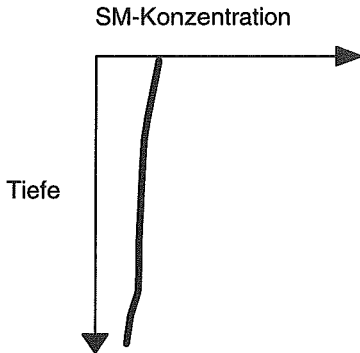
Aufgrund der Auswertung der Daten aus der Erstbeprobung der Beobachtungsstandorte ist von **flächendeckenden, anthropogenen (von Menschen verursachten) Schwermetallanteilen** in den Böden des Kantonsgebietes auszugehen. So sind anhand der Schwermetalltotalgehalte auf 2/3 der Standorte deutliche Schwermetallanreicherungen in den Oberböden nachweisbar.

Die Schwermetalle Cadmium, Kupfer, Zink und Chrom werden verstärkt über die Bewirtschaftung eingetragen. Blei, Quecksilber, Cadmium, Kupfer und Zink gelangen zudem über Luftverunreinigungen in die Böden. So weisen siedlungsnahe und exponierte Standorte deutlich höhere Gehalte dieser Schwermetalle auf. Für die relativ immobilen Schwermetalle Blei und Quecksilber sind Anreicherungen auch auf siedlungsfernen und bereits stark versauerten Standorten nachweisbar.

Das **Belastungsrisiko**, d.h. die Gefahr der biologischen Aufnahme von Schadstoffen aus dem Boden oder über eine Auswaschung ins Grundwasser, wird allerdings weniger durch die Totalgehalte als vielmehr durch die löslichen Gehalte bestimmt. Richtwertüberschreitungen für die löslichen Gehalte waren an 1/3 der Standorte feststellbar. Auf diesen Standorten werden die Schwermetalle aus den Oberböden in die Unterböden und teilweise in tiefer liegende Schichten (Gefahr der Grundwasserbelastung) verlagert. Es zeigt sich, dass vor allem die überwiegend sauren und stark sauren Waldstandorte, aber auch extensiv bewirtschaftete Wieslandstandorte, bei unauffälligen Totalgehalten hohe lösliche Gehalte aufweisen und somit ein Belastungsrisiko darstellen.

Aufgrund der Untersuchung sind Standorte, welche deutliche Schwermetallanreicherungen aufweisen und bezüglich ihrer Filtereigenschaften sensibel auf Änderungen reagieren, als Problemstandorte einzustufen. Die beprobten Standorte lassen sich bezüglich des Belastungsrisikos grob in vier Gruppen einteilen, welche folgende, schematisch dargestellte Schwermetalltiefenprofile für die Totalgehalte aufweisen.

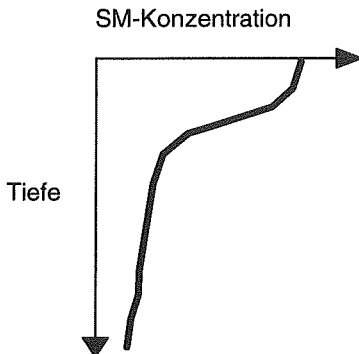
Gruppe 1



- Schwache Schwermetallanreicherung im Oberboden
- Immobilisierung aufgrund hoher Bindungsstärken

Das Belastungsrisiko dieser Standorte ist auch längerfristig gering.

Gruppe 2

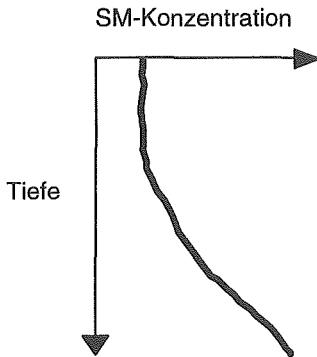


- Deutliche Schwermetallanreicherung im Oberboden
- Immobilisierung aufgrund hoher Bindungsstärken

Eine unmittelbare Gefährdung von Organismen ist derzeit nicht anzunehmen, kann aber längerfristig, insbesondere bei einer verstärkten Versauerung, ändern.

Deutliche Schwermetallanreicherungen im Oberboden finden sich nicht nur in siedlungsnahen Böden des Mittellandes sondern auch auf extensiven, naturnahen aber exponierten Wiesen fernab der Zivilisation.

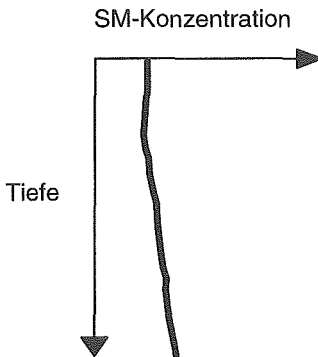
Gruppe 3



- Hohe Schwermetallmobilität im Oberboden
- Vertikale Schwermetallverlagerung
- Immobilisierung und Anreicherung der Schwermetalle im Unterboden

Die Filterfunktion dieser Standorte ist im Oberboden als degradiert und im Unterboden als intakt zu bezeichnen. Da die Oberböden keine Senken mehr für die mobileren Schwermetalle darstellen, sind die Oberbodentotalgehalte kaum noch geeignet, das Ausmass der anthropogenen Belastungen abzuschätzen.

Gruppe 4



- Profilumfassende hohe Schwermetalllöslichkeit
- Geringe bis sehr geringe Bindungsstärken
- Keine Anreicherung der Schwermetalle im Unterboden

Die Böden dieser Standorte weisen ein profilumfassend eingeschränktes Rückhaltevermögen gegenüber Schwermetallen auf. Die Totalgehalte sind kaum noch geeignet, das Ausmass der anthropogenen Belastungen abzuschätzen. Eine Migration der Schwermetalle ins Grundwasser ist nicht mehr auszuschliessen.

3. Schlussfolgerungen / Ausblick

Die Auswertung der Daten aus der Erstbeprobung zeigen, dass

- auch in abgelegenen Gebieten von Menschen verursachte Schwermetallanreicherungen nachweisbar sind;
- das Belastungsrisiko weniger durch die Totalgehalte als vielmehr durch die löslichen Gehalte von Schwermetallen und durch das Rückhaltevermögen der Böden bestimmt wird;
- insbesondere saure Waldstandorte und Standorte, welche deutliche Schwermetallanreicherungen aufweisen und bezüglich ihrer Filtereigenschaften sensibel auf Änderungen reagieren, als Problemstandorte einzustufen sind;
- Schadstoffeinträge je nach Standort sehr verschiedene Auswirkungen auf die Böden haben.

Die Auswertung gibt aber auch Hinweise für die weitere Beprobung der Dauerbeobachtungsflächen. So sollen bei den Folgebeprobungen

- im Sinne eines optimalen Mitteleinsatzes die Standorte in ihrer Intensität und entsprechend ihrer Belastung bzw. Empfindlichkeit gegen über Einwirkungen differenziert beprobt
- Daten aus anderen Umweltkompartimenten (Luft, Wasser) zur besseren Erfassung von Stoffkreisläufen miteinbezogen
- und organische Schadstoffe einbezogen werden.

4. Literaturverzeichnis

- ARGE KABO SG, Dr. Jürg Holenstein, Niederer+Pozzi AG, 1994: Kantonale Bodenbeobachtung St. Gallen, Teil 1: Grundlagen und Methoden, Teil 2: Darstellung der Ergebnisse, im Auftrag des Amtes für Umweltschutz St. Gallen (unveröffentlicht).
- EWI, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Uli Hoins, 1995: Kantonale Bodenbeobachtung St. Gallen, Auswertung der Erstbeprobung, Expertenbericht, im Auftrag des Amtes für Umweltschutz St. Gallen (unveröffentlicht).

LA PROTECTION DES SOLS EN VALAIS

Le tableau ci-après indique les fourchettes de concentrations en polluants du sol relevées en Valais lors de la campagne 1987, comparées aux valeurs limites de l'ordonnance sur la protection des sols.

TABLEAU DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE 1987

POLLUANTS	TENEUR TOTALE				TENEUR SOLUBLE			
	VAL. IND.	MOYENNE	MAX	MIN	VAL. IND.	MOYENNE	MAX	MIN
PLOMB (Pb)	50	24.2	135	8.4	1.0	0.002	0.02	0.001
CADMIUM (Cd)	0.8	0.23	0.99	0.008	0.03	0.001	0.013	0.001
CHROME (Cr)	75	23.2	57.4	6.2	-	-	-	-
COBALT (Co)	25	7.2	19.9	1.3	-	-	-	-
FLUOR (F)	400	612	1776	164	25	1.7	29	0.03
CUIVRE (Cu)	50	61.6	910	6	0.7	0.112	0.55	0.002
HOLYBDENE (Mo)	5	-	-	-	-	-	-	-
NICKEL (Ni)	50	24.8	93	5.1	0.2	0.038	0.31	0.003
MERCURE (Hg)	0.8	0.042	0.43	0.006	-	-	-	-
THALLIUM (Tl)	1	0.051	0.373	0.003	-	-	-	-
ZINC (Zn)	200	76	359	4.9	0.5	0.056	0.94	0.003

Toutes les valeurs sont indiquées en ppm (en mg/kg)

L'élément indésirable qui dépasse le plus souvent la valeur indicative est le fluor. En effet, sur les 163 échantillons analysés, 155 dépassent la valeur indicative (400 ppm). Les concentrations les plus élevées se rencontrent à proximité des centres de production d'aluminium (Martigny, Chippis et Steg). N'oublions pas que durant 73 ans (1908 - 1981) les rejets de fluor (F⁻) ont été de 120 kilos par hectare et par année, ce qui représente près de 9 tonnes de fluor par hectare ! Depuis 1981, ces rejets ont été réduits à 2 kilos par hectare et par année, soit soixante fois moins qu'auparavant.

Le fluor ne s'est pas uniquement déposé à proximité des usines. On trouve des concentrations élevées sur l'ensemble du territoire cantonal. Il existe également des régions qui sont naturellement riches en fluor, c'est-à-dire où la roche affleurante ou sur laquelle le sol repose est riche en fluor.

Si les teneurs totales sont élevées, les teneurs solubles (disponibles pour les plantes) sont faibles, seul un échantillon dépasse la valeur indicative de 10 %.

Le fluor accumulé à la surface du sol durant des décennies ne disparaît pas. On en trouve jusqu'à des profondeurs de 1,5 mètres.

Un autre élément polluant que l'on retrouve souvent en forte concentration est le cuivre (Cu). Ce sont les vignes et les vergers qui sont le plus touchés. En effet, sur les 20 échantillons situés dans des vignes, 19 dépassent la valeur indicative (50 ppm) et ont une moyenne de 230 ppm, soit près de 5 fois la valeur indicative.

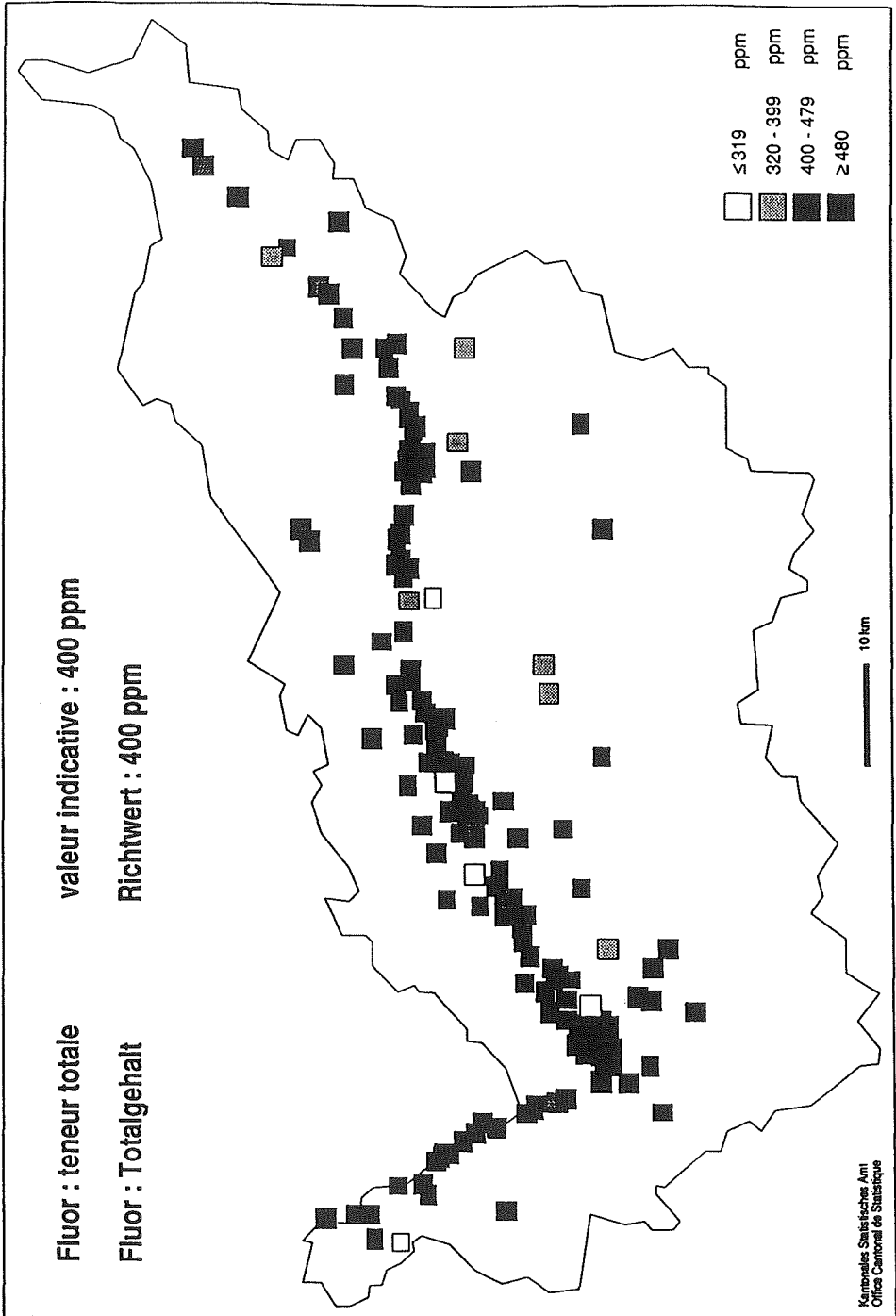
Des produits à base de cuivre sont utilisés depuis plus d'un siècle dans nos vignes pour lutter contre les maladies cryptogamiques (par exemple le mildiou).

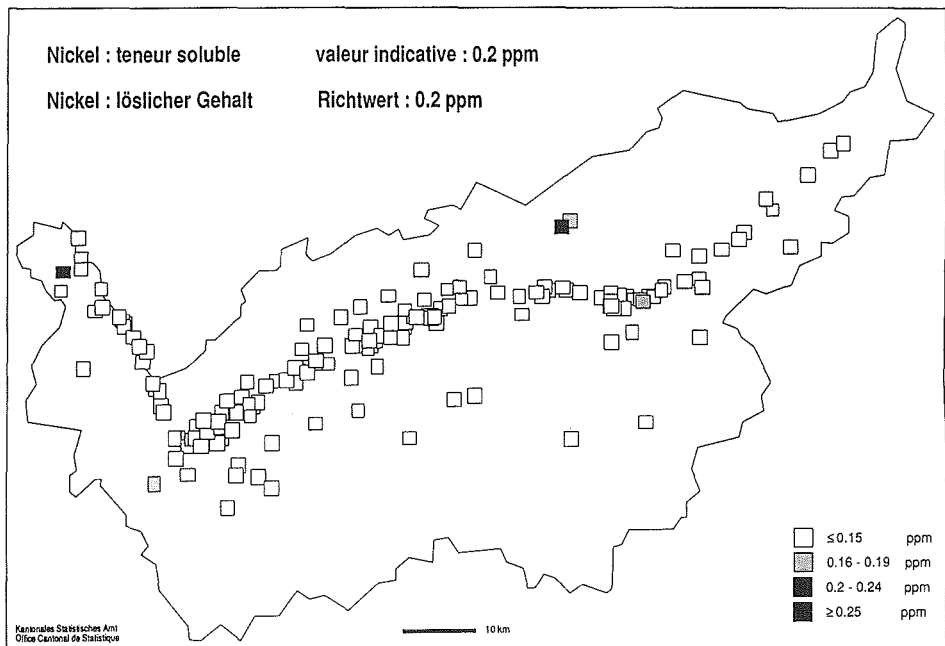
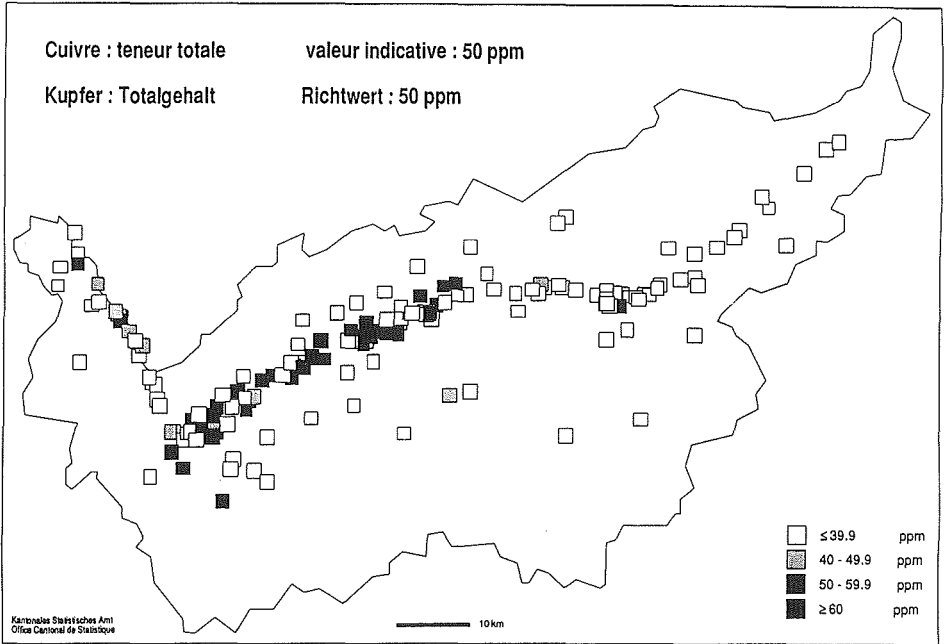
En dépit des teneurs en cuivre très élevées des sols de nos vignes (8 à 10 fois la dose "naturelle"), aucune diminution de rendement ou de croissance imputable au cuivre n'a été observée jusqu'à ce jour. Le cuivre ne se retrouve ni dans le raisin, ni dans le vin. Par contre, des essais ont été effectués en France, où d'autres cultures telles que le maïs, le colza, la tomate et les pommes de terre ont été plantées sur des parcelles riches en cuivre. Des troubles de croissance et de développement dus au cuivre ont été constatés.

Si les accumulations de cuivre dans le sol de nos vignes ne représentent aujourd'hui aucun danger pour la vigne et le vin, il convient d'être prudent et de limiter les applications cupriques. Il existe des fongicides exempts de cuivre efficaces contre toutes les maladies de la vigne. On ne peut toutefois exclure totalement le cuivre de l'arsenal phytosanitaire.

Les teneurs solubles du cuivre respectent la valeur donnée par l'ordonnance sur les polluants du sol.

Les autres polluants ne dépassent que rarement les valeurs indicatives, à l'exception du nickel (Ni) qui dépasse 11 fois les 50 ppm fixés dans l'ordonnance. Quatre de ces échantillons ont été prélevés à proximité d'usines chimiques (Monthey et Viège). Trois proviennent de sites considérés comme "non-pollués" à moyenne altitude; un des sites a reçu régulièrement des boues d'épuration de mauvaise qualité, les trois derniers sont des terres cultivées qui reçoivent probablement des engrais. 6 % des échantillons dépassent la valeur indicative; les sources possibles de pollution sont trop diverses pour pouvoir tirer des conclusions. Une analyse plus approfondie sera nécessaire pour résoudre cette question.





EINSATZ BODENBIOLOGISCHER METHODEN IN DER LANGFRISTIGEN BODENBEOBACHTUNG

Arbeitsgruppe Bodenbiologie der Bodenschutzfachstellen der Kantone Aargau, Bern und Solothurn (P. Fry, C. Maurer-Troxler, A. Enggist)

Der Boden soll in seiner Gesamtheit als **terrestrisches Ökosystem mit seinen vielfältigen Funktionen erhalten** werden. Viele Bodenfunktionen werden durch Bodenlebewesen beeinflusst: sie bauen organische Substanz ab, arbeiten Pflanzenrückstände in den Boden ein, lockern, durchmischen und stabilisieren ihn. Die Aktivität der Bodenlebewesen, der Stoffumsatz und die Artenvielfalt werden deshalb als wichtige Kriterien angesehen, um die Bodenfruchtbarkeit zu charakterisieren.

*Der Boden ist fruchtbar, wenn er eine **artenreiche und biologisch aktive** Tier- und Pflanzenwelt, eine für seinen Standort typische **Struktur** und eine ungestörte **Abbaufähigkeit** besitzt. (Verordnung über Schadstoffe im Boden VSBo, 1986).*

Es gilt, diese Kriterien sowohl zur **Bestimmung des heutigen Zustandes der Bodenfruchtbarkeit** als auch zur **langfristigen Überwachung von Veränderungen** zu erfassen.

Ziele der Arbeitsgruppe Bodenbiologie:

- * Für die Bodenschutzfachstellen **Grundlagen** im Bereich Bodenbiologie **zusammenstellen und erarbeiten**, damit **vergleichbare Untersuchungen durchgeführt und interpretiert** werden können.
- * **Bevölkerung im Umweltbereich "Boden" sensibilisieren**: bodenrelevante Themen mit biologischen Daten verständlich darstellen.

Wir schlagen folgendes Vorgehen vor:

1. Etablierte Methoden als Basisparameter auswählen: *mikrobielle Biomasse, mikrobielle Atmung, Zelluloseabbau im Labor, Regenwurmpopulation*. Damit werden grundlegende Bodenfunktionen charakterisiert. Die Ergänzung mit spezifischen Methoden ist vorgesehen.

2. **Standardisierung** der Probenahme, der Probenvorbereitung und der Analytik als Voraussetzung, um verschiedene Untersuchungen vergleichen und bewerten zu können. Nach erfolgreicher Erprobung in der Praxis werden die Methoden mit erforderter Genauigkeit in einem Handbuch festgehalten.
3. **Interpretationsgrundlagen erstellen:** Erhebung der *räumlichen und zeitlichen Variabilität* der ausgewählten Methoden an unbelasteten Standorten; Erhebung der *standort-typischen Referenzbereiche* von Naturwiesen, Wald- und Ackerstandorten.
4. **Dauerbeobachtungsstandorte** einrichten.

Es wird angestrebt, dass alle biologischen Erhebungen zusammen mit chemischen und physikalischen Kriterien zu einer **gesamtheitlichen Interpretation der Bodenfruchtbarkeit** führen können. Dazu sind **erprobte Beurteilungsgrundlagen** notwendig.

**Organisation
des Bodenschutzes
in den Kantonen:
Ergebnisse einer Umfrage**

Bodenschutzfachstelle des Kantons Aargau

Gründungsdatum	1988
Gesetzliche Grundlage	Keine spezifisch kantonale Einführungsgesetzgebung
Eingliederung in der Verwaltung	Baudepartement/ Abteilung Umweltschutz/ Sektion Grundwasser und Boden
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung	1
Anzahl Mitarbeiter 1995	3
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	Kantonale Bodenbeobachtung Bodenbiologie Organische Schadstoffe u.a. Dioxinuntersuchungen
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Emittentenbezogene Untersuchungen Abschluss der Hauptuntersuchung des kantonalen Bodenbeobachtungsnetzes (KABO) Arbeitsgruppe Bodenbiologie Arbeitsgruppe organische Schadstoffe Integration des Bodenschutzes in den kantonalen Richtplan Integration des Bodenschutzes in Kantonales Umweltschutzdekret
Projekte in Planung	Nächste KABO-Untersuchung Verdachtsflächenkarte Öffentlichkeitsarbeit Weitere emittentenbezogene Untersuchungen

Bodenschutzfachstelle des Kantons Appenzell A.Rh.

Gründungsdatum	1988
Gesetzliche Grundlage	Kantonales Umweltschutzgesetz vom 24. April 1994
Eingliederung in der Verwaltung	Umwelt und Energiedirektion/ Amt für Umweltschutz/ Abteilung Luftreinhaltung und Bodenschutz
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung Anzahl Mitarbeiter 1995	Keine eigene Stelle Die laufenden Aufgaben werden durch die Abteilung Luftreinhaltung und Bodenschutz in Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftssekretariat und dem Oberforstamt bearbeitet.
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	Stoffeintrag anhand einer Luftuntersuchung mit Flechten Tenside in Klärschlamm- und Bodenproben Elementverteilung in Nadeln von Waldbäumen
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Bilanzierung der Düngereinträge auf landwirtschaftlichen Nutzflächen Wirkung der Luftschadstoffe auf das Waldökosystem (Nadelanalysen) Regenwurmuntersuchung
Projekte in Planung	Landw. Stoffbuchhaltung Kantonale Bodenbeobachtung

Bodenschutzfachstelle des Kantons Basel-Landschaft

Gründungsdatum	1987
Gesetzliche Grundlage	Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBö) vom 9. Juni 1986
Eingliederung in der Verwaltung	Bau und Umweltschutzdirektion/ Amt für Umweltschutz und Energie/ Umweltschutzzlabor / Bodenschutzfachstelle
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung Anzahl Mitarbeiter 1995	1 wissenschaftlicher Mitarbeiter; Zugriff auf Laborkapazität
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	<p>Allgemein Die Fachstelle Bodenschutz stellt im Rahmen der geltenden eidgenössischen und kantonalen Rechtsgrundlagen sicher, dass der Boden vor zivilisatorischen Schadstoffen aller Art und physikalischen Beeinträchtigungen geschützt wird, dass der Boden nicht übernutzt wird und dadurch die Fruchtbarkeit des Bodens langfristig erhalten bleibt.</p> <p>Zustandsbeschreibung und Frühwarnung Erstellen einer kantonalen Übersicht zur Belastung des Bodens mit zivilisatorischen Schadstoffen und über die Gefährdung des Bodens durch die Nutzung. Identifikation von Belastungsquellen und Gefährdungspotentialen.</p> <p>Planung von Schutzmassnahmen Planen von Massnahmen zum langfristigen Schutze des Bodens vor Schadstoffbelastung und Übernutzung; gemeinsam mit anderen Dienststellen</p> <p>Vollzug von Schutzmassnahmen Realisieren von Massnahmen wie Reduktion der Schadstofffracht aus Industrie, Landwirtschaft oder Siedlungsabfällen bei Richtwertüberschreitungen im Boden, Nutzungsänderungen bei erhöhtem Erosionsrisiko, etc.</p>
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Diverse
Projekte in Planung	Diverse

Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern

Gründungsdatum	1988
Gesetzliche Grundlage	Einführungsgesetz zum Landwirtschaftsgesetz vom Mai 1988 (EGLwG), Bodenschutzverordnung des Kantons Bern vom September 1990 (BSV)
Eingliederung in der Verwaltung	Volkswirtschaftsdirektion/Landwirtschaftsamts/Abteilung Bodenschutz
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung	1
Anzahl Mitarbeiter 1995	8.6
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	KABO: Einfluss der Bewirtschaftung auf die Verdichtungsgefährdung von Ackerböden. Beprobung von Verdachtsflächen. Maiswiese: Versuchsdurchführung und Einführung in der Praxis. Literaturübersicht zur Quantifizierung der Strukturstabilität und Strukturregeneration von Landwirtschaftsböden. Methodenstandardisierung Biologie in Zusammenarbeit mit den Kantonen AG und SO. Programm zur Ursachenbekämpfung der Nitratauswaschung (1989-95). Erarbeiten von Rekultivierungsrichtlinien. Regenwurmfauna von Dauergrünlandböden. Einsatz der Spatenprobe für die Beurteilung der Bodenstruktur.
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Mitberichte zu UVP-pflichtigen Bauvorhaben. Konzept Qualitätssicherung von Grund- und Trinkwasser. Erfolgskontrolle der Rekultivierung Mattstetten / BE 1994-1996. Auswirkungen von Bodeneingriffen in Abhängigkeit von der Saugspannung.
Projekte in Planung	Finanzielle Anreize für die Förderung bodenschonender Anbausysteme. Potentielle Erosionsgefährdung im Berner Mittelland: Abschätzung der Einsatzmöglichkeiten des ARC/INFO-gestützten Erosionsprognosemodells TIN-Erosion.

Bodenschutzfachstelle des Kantons Glarus

Gründungsdatum	1. August 1987
Gesetzliche Grundlage	Kantonales Einführungsgesetz zum Umweltschutzgesetz
Eingliederung in der Verwaltung	Amt für Umweltschutz
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung Anzahl Mitarbeiter 1995	0.15
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	Untersuchung des Schwermetallgehaltes in der Umgebung von Industriebetrieben, Strassen, KVA Kommunale Belastungskataster Sandstrahlen als Ursache von Bodenbelastungen Klärschlammberatung
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Erfolgskontrolle des Alpdüngeverbotes mit bodenkundlichen und botanischen Methoden
Projekte in Planung	Untersuchung alpiner Böden im Hinblick auf Erosionsanfälligkeit

Bodenschutzfachstelle des Kantons Graubünden

Gründungsdatum	1. Juli 1987
Gesetzliche Grundlage	Keine spezifisch kantonale Einführungsgesetzgebung
Eingliederung in der Verwaltung	Erziehungs-, Kultur- und Umweltschutzdepartement/ Amt für Umweltschutz/ Abteilung Ökologie (Grund- und Oberflächengewässer, Umweltverträglichkeitsprüfungen und Stellungnahmen zu diversen Bewilligungsverfahren, Bodenschutz)
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung Anzahl Mitarbeiter 1995	1 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	Erarbeiten des "Konzeptes für qualitativen Bodenschutz im Kanton Graubünden" Aufbau des Kantonalen Bodenmessnetzes (KABO) Langfristiges Bodenbeobachtungsnetz des Kantons Graubünden (LBN GR)
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Fachspezifische Stellungnahmen zu laufenden Verfahren wie UVP, BAB, Rodungsgesuche etc. Mitarbeit bei der Klärschlammplanung Graubünden sowie bei der Klärschlammdüngerberatung und bei der Verwertung von Klärschlamm ausserhalb der Landwirtschaft (künstliche Kulturerde)
Projekte in Planung	Erstellen bzw. Anpassen von Rekultivierungsrichtlinien für Graubünden Ergänzende Projekte zur Fallstudie Siedlungsgebiete: Spielplätze, Gärten, Schiessanlagen, Werkplätze etc. Ausweitung der Analysen auf organische Schadstoffe.

Bodenschutzfachstelle des Kantons Luzern

Gründungsdatum	1988
Gesetzliche Grundlage	Planungsbericht des Regierungsrates zum Umweltschutz
Eingliederung in der Verwaltung	Amt für Umweltschutz/ Ressort Bodenschutz
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung	40% Stelle
Anzahl Mitarbeiter 1995	1,4
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	<p>KABO: Schwermetallbelastung der Luzerner Böden</p> <p>Boden und Landwirtschaft:</p> <p>Chemische Aspekte: Stoffkreisläufe Nährstoffbilanzen, Hilfsstoffe</p> <p>Physikalische Aspekte: Verdichtung, Erosion, Abschwemmung.</p> <p>Stellungnahmen, Beurteilungen allg.:</p> <p>UVP, Gesetze, Verordnungen, Projekte auf Stufe Gemeinden, etc.</p> <p>Umgang mit dem gewachsenen Boden: Rekultivierungen</p>
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	<p>Stellungnahmen, Beurteilungen allg.: UVP, Gesetze, etc.</p> <p>Konzept für die Bodenkartierung</p> <p>Systematische Bodenkartierung ausgewählter Regionen</p> <p>Lokalisierung kontaminierter Böden: z.B. 300 m Schiessanlagen</p> <p>Umgang mit dem gewachsenen Boden, Initiieren einer Bodenbörse</p> <p>Konzeptionieren und Erstellen eines Bodenlehrpfades</p> <p>Geländeveränderung / Retentionsverluste</p>
Projekte in Planung	<p>Kartierung phys./chem. geschädigter, empfindlicher Böden</p> <p>Bodenschutzprobleme und das Werkzeug GIS: Anwendungen</p> <p>Evaluation von Risikogebieten (Abschwemmung) aufgrund von Modellen (Wasserhaushalt und Bodentypen)</p> <p>Bodenverdichtung / Verdichtungsgefährdung und Bewirtschaftung</p> <p>Kritische regionale Stoffflüsse</p> <p>Sanierungskonzept für belastete Böden, Entsorgungswege und deren Nutzungsmöglichkeiten</p> <p>KABO: profilumfassende Beprobung inkl. organische Schadstoffe</p> <p>Bodendatenbank</p>

Bodenschutzfachstelle des Kantons Nidwalden

Gründungsdatum	1988
Gesetzliche Grundlage	Keine spezifisch kantonale Einführungsgesetzgebung
Eingliederung in der Verwaltung	Direktion des Innern/ Amt für Umweltschutz/ Abteilung Gewässer- und Bodenschutz
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung Anzahl Mitarbeiter 1995	10% für den Bodenschutz
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	Beproben von Belastungsstandorten, Bearbeiten von Umweltverträglichkeitsberichten.
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Eruieren von zukünftigen Vollzugsschwerpunkten durch Auftrag an Dritte Schadstoffbelastung des Bodens von Kleinkaliber-Schiessständen.
Projekte in Planung	

OBWALDEN

1. **Gründung / création**
Keine Dienststelle

2. **Struktur / structure**
Landw. + Forstw. Dept. beurteilt Bodenbelastung
Amt für Umweltschutz verfügt Massnahmen

3. **Mitarbeiter / personnel, évtl budget**
MA werden bei Bedarf eingesetzt

4. **Tätigkeiten / champs d'activité**
Bodenproben

5. **Zukunftsprojekte / projets futurs**
Wiederholung der Bodenproben

Gründungsdatum	1. Juli 1987
Gesetzliche Grundlage	Keine spezifisch kantonale Einführungsgesetzgebung
Eingliederung in der Verwaltung	Amt für Umweltschutz, Abteilung Wasser + Energiewirtschaft
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung	1
Anzahl Mitarbeiter 1995	2
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	<p>Langfristige Bodenbeobachtung Einrichtung eines kantonalen Bodenbeobachtungsprogrammes 1989 - 1991 Ersterhebung, 1992 - 1994 Analytik und Auswertung</p> <p>Quellenbezogene Untersuchungen Untersuchung der Schwermetallbelastung im Raum Sargans 1989 (veröff.) Untersuchung der Rebbergböden Salez 1990(veröff.) Untersuchung der Schwermetallbelastung i. Umgebung von Kehrriechverbrennungsanlagen 1991 (veröff.) Untersuchung der Schwermetallaufnahmen von Kulturpflanzen auf künstlich angereicherten stark belasteten Böden 1989 - 1994, in Auswertung Untersuchung der Bodenbelastung im Siedlungsraum 1992 - 1994, in Auswertung Untersuchung der Bodenbelastung bei Schiessanlagen 1994 (veröff.)</p> <p>Zusätzliche Aufgaben seit 1992 Projektleitung für die Erstellung eines Altlast- Verdachtsflächenkatasters seit 1993 Projektleitung von GIS-Projekten</p>
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	<p>Beobachtung und Erheben von Bodenerosion Erstellen eines Bodenbelastungs- und Verdachtsflächenkatasters Weitere quellenbezogene Untersuchungen Erstellen eines Bodeninformationssystems GIS Langfristige Bodenbeobachtung, Zweiterhebung</p>
Projekte in Planung	ab 1996 Initiierung eines regionalen Pilotprojektes "Integrierte Umweltbeobachtung" zusammen mit Gewässer- und Grundwasserschutz sowie Luftreinhaltung

Bodenschutzfachstelle des Kantons Schaffhausen

Gründungsdatum	15.11.88
Gesetzliche Grundlage	Kantonale Chemikalienverordnung vom 15.11.88
Eingliederung in der Verwaltung	Kantonales Labor im Departement des Innern in Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftsamt und dem Kantonsforstamt
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung Anzahl Mitarbeiter 1995	1 Planstelle für Sektion Stoffe, Gifte, Boden Temporäre Mitarbeit aus dem Labor
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	Aufbau des Kantonalen Bodenbeobachtungsnetzes Untersuchung der Schwermetallbelastung der Böden, verursacht durch Müll-Klärschlamm-Kompost. Untersuchung des natürlichen Schwermetallgehaltes in geologischen Schichten des Kantons Schaffhausen Bodenkartierung (Landwirtschaftsamt)
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Untersuchung der Auswirkungen der KVA auf Schwermetallgehalte benachbarter Böden
Projekte in Planung	Untersuchung weiterer Verdachtsflächen Erstellen eines Verdachtsflächenkatasters

Bodenschutzfachstelle des Kantons Solothurn

Gründungsdatum	Okt. 1986, Wahrnehmung der Aufgaben des Bodenschutzes gemäss VSBo durch den Departementssekretär des Landwirtschafts-Departementes
Gesetzliche Grundlage	Keine spezifisch kantonale Einführungsgesetzgebung
Eingliederung in der Verwaltung	Volkswirtschafts-Departement/ Amt für Umweltschutz/ Bodenschutzfachstelle
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung	10% Stelle
Anzahl Mitarbeiter 1995	2
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	Erarbeitung eines Bodenschutzkonzeptes als Planungsinstrument mit Aktionsplan Messkampagne zur Eruiierung der Schadstoffbelastungen der Böden entlang von Strassen unterschiedlicher Klassierung, d.h. von Nationalstrassen bis zu Gemeindestrassen Erarbeitung von Grundlagen und praktischen Verhaltensmassregeln für die Nutzung des Bodens in schadstoffbelasteten Gebieten Umsetzung des physikalischen Bodenschutzes bei Grossbaustellen
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Schadstoffbelastung von Gartenböden Schadstoffbelastungen im Bereich von Schiessanlagen Einbezug von organischen Schadstoffen bei der Beurteilung der stofflichen Bodenbelastung
Projekte in Planung	Flächendeckende Bodenkartierung auf GIS-Basis Umweltbeobachtungssystem "Boden" Risiko-Betrachtungen bei Bodenbelastungen Durchsetzung des physikalischen Bodenschutzes

Bodenschutzfachstelle des Kantons Thurgau

Gründungsdatum	1992
Gesetzliche Grundlage	Keine spezifisch kantonale Einführungsgesetzgebung
Eingliederung in der Verwaltung	Departement für Bau und Umwelt/ Amt für Umweltschutz und Wasserwirtschaft/ Stabsstelle Chemie (Bodenschutzfachstelle)
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung	33%
Anzahl Mitarbeiter 1995	1.5
Prioritäre Tätigkeiten in den letzten Jahren	Untersuchung von Verdachts- und Problemflächen auf Schwermetalle und andere Schadstoffe.
Wichtige aktuelle Tätigkeiten und Mitwirkungen	Abschluss der Groberfassung der Böden im Hinblick auf ihren Schwermetallgehalt (Rasterbeprobung); Regelung des Umgangs mit überschüssigem Oberboden bei Bauvorhaben; Mitwirkung in verschiedenen Arbeitsgruppen der FaBo's und verwandter Dienststellen.
Projekte in Planung	Sensibilisierung der Bevölkerung für Aspekte des Bodenschutzes; Bodenschutz bei Bauvorhaben; Abstimmung zwischen Bodenschutz und Richtplanung; Untersuchung der Bodenbelastung anhand von Bioindikatoren.

VALAIS

1. Gründung / création

Création du poste : 1987 sur la base de l'Osol.

2. Struktur / structure

Ce poste est rattaché au Service de la protection de l'environnement (SPE), à la section "Hydrogéologie et sciences naturelles".

Le SPE est un des trois services du Département de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire.

3. Mitarbeiter / personnel, évtl budget

Les tâches de la protection du sol en Valais occupent, selon le cahier des charges, le 15% d'un poste d'ingénieur. Cette donnée n'a pas évolué depuis la création du poste.

Budget : Le canton du Valais ne dispose pas de budget précis pour la protection des sols. Les montants utilisés à ce jour ont été prélevés sur une rubrique générale "Etudes et expertises". Cette rubrique a une fâcheuse tendance à être revue à la baisse d'année en année !

1987 :	36'900.--	Prélèvements d'échantillons et premières analyses
1988 :	48'300.--	Analyses
1989 :	35'340.--	Reste des analyses de 88 Brochure "Protection des sols" Analyses complémentaires de profils
1990 :	30'000.--	Rapport d'interprétation
1991 :	-	
1992 :	-	
1993 :	-	
1994 :	-	
1995 :	?	

4. Tätigkeiten / champs d'activité

Le canton a établi un réseau dense de points de prélèvements (163). Ceux-ci sont répartis en fonction des différents types de cultures (culture fruitière, vigne, terre ouverte et forêt), selon leur importance économique, ainsi que selon la qualité et l'aptitude des sols. Des prélèvements ont été effectués en 1987.

Responsable : Mme Isabelle de Riedmatten
Ingénieur en génie rural
Service de la protection de l'environnement
1950 SION

Téléphone : 027 / 60 31 69/50
Fax : 027 / 60 31 54

VAUD

1. Gründung / création

L'étude des sols du canton de Vaud est rattachée au Service de l'aménagement du territoire, selon le décret du Conseil d'Etat de juin 1989.

2. Struktur / structure

Nos interlocuteurs dans le canton sont pour l'administration cantonale :

Département AIC

- améliorations foncières
- faune et forêts
- protection de la nature
- ECA Grange-Verney

Département DTPAT

- service des routes
- service des eaux

pour les autres services :

- EPFL
- UNIL
- RAC Changins
- SRVA
- Prométerre

Responsable : M. Gratier
Service de l'aménagement du territoire
Place de la Riponne 10
1014 Lausanne

3. Mitarbeiter / personnel, évtl budget

Le budget sert à financer un collaborateur extérieur, ainsi le nombre de personnes travaillant à cette tâche est de 2.

4. Tätigkeiten / champs d'activité

Les autres activités comprennent la surveillance des mouvements de terre pour les chantiers des décharges de la N1, l'établissement de documents détaillés pour les AF (drainages, irrigation) et dans le cadre d'études d'impact (gravières).

5. Zukunftsprojekte / projets futurs

Les objectifs à long terme sont de compléter les références analytiques sur les principaux types de sols et de réaliser la carte des sols sur l'ensemble du canton.

CANTON DE VAUD PROTECTION DES SOLS

Organisation

Tâche confiée au Département des travaux publics, service de l'aménagement du territoire. Elle occupe 2 collaborateurs.

Relations dans le canton

Département de l'agriculture et du commerce

- Écoles cantonales d'agriculture de Marcelin et Grange-Verney
- Service de l'agriculture
- Service Faune et Forêt
- Protection de la Nature
- Service des améliorations foncières

Département des travaux publics

- Service de l'Aménagement du territoire
- Service des routes
- Service des eaux

Autres :

- EPFL
- UNIL
- RAC Changins
- Prométerre
- Service romand de vulgarisation

Nos diverses activités

Prospection systématique au 1:10000 des sols forestiers et agricoles du canton, jusqu'à 120 cm, parfois plus. On relève toutes les caractéristiques permanentes des sols.

établissement de cartes thématiques telles que texture de surface, profondeur et types de substrats, hydromorphie et pH; d'autres thèmes sont envisageables en fonction de la demande.

Prospection plus détaillée pour des syndicats d'améliorations foncières : carte du réservoir hydrique pour des syndicats d'arrosage, nature et profondeur des tourbes pour un syndicat de drainage ... Ces travaux se font à des échelles plus détaillées : 1:5000, voire 1:1000.

Suivi de chantiers d'autoroutes comprenant la surveillance des mouvements de terre, du décapage à la remise en état des parcelles.

Ce type de travaux est assez délicat, car nous ne sommes pas toujours associés dès les premières prises de décision, et n'avons que rarement les surfaces d'entreposage souhaitables à disposition. De plus, les entreprises de génie civil doivent répondre à des exigences de délais souvent incompatibles avec une mise en dépôt des terres dans des conditions optimales. La confrontation de ces intérêts très divergeants est parfois pénible.

Informatisation de la cartographie

Dès 1991, l'Etat de Vaud a introduit système d'information géographique du territoire (SIT) dont la pédologie est une couche. Il a donc fallu mettre au point un logiciel pour la saisie des données sur les terrain, ainsi qu'un logiciel pour le traitement et la représentation graphique de ces données.

Participation à diverses commissions

Commission technique pour les problèmes de sol

Cette commission informelle regroupe des acteurs des cantons et de diverses institutions fédérales, surtout en Suisse romande, amenés à s'occuper de problèmes liés à la protection des sols et à l'étude des sols de façon plus générale.

Elle se réunit environ 2 fois par an pour faire le point sur les diverses questions rencontrées dans les cantons représentés et permet une plus large discussion sur un thème particulier.

Groupe nitrates Vaud

Cette commission, également informelle, rassemble les personnes qui dans le Canton de Vaud s'occupent de la qualité des nappes phréatiques (laboratoire cantonal, Service des eaux, EPFL : Génie rural et Génie civil, Prométerre, station fédéral de Changins, École d'agriculture de Grange-Verney). L'OFEPF est également représenté.

En 1991, un mandat a été confié par le service des eaux et le laboratoire cantonal (avec l'aide de l'OFEPF)

Plusieurs aquifères ont été sélectionnés pour être étudiés en détail et suivis par le laboratoire de géologie du département de Génie Civil de l'EPFL et par le laboratoire cantonal.

Ce réseau (Lucens, Montmagny, Fey., Montricher, Naz, Combremont, Froideville, Thierrens et Goillon) devrait permettre de tester plus à fond le transfert des eaux ainsi que la manière de délimiter les zones de protection "chimique" des eaux.

Groupe SSP

- groupe de classification des sols
- sous-groupe texture et structure

ZUG

1. **Gründung / création**

Keine Dienststelle

2. **Struktur / structure**

Sachbearbeiter des Gewässerschutzes betreut Bodenschutz mit ca. 5-10% der Arbeitszeit

Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich

Gründungsdatum	4.3.1987
Gesetzliche Grundlage	Regierungsratsbeschluss vom 4.3.1987
Eingliederung in der Verwaltung	Direktion der öffentlichen Bauten / Amt für Gewässerschutz und Wasserbau / Hauptabteilung Gewässer- und Bodenschutz / Fachstelle Bodenschutz
Anzahl Mitarbeiter bei der Gründung	1
Anzahl Mitarbeiter 1995	5
Bodenuntersuchungen (Ist-Zustand Oberboden)	Gebietsübersichten (Rasternetze Zürich und Winterthur, Publikation 1990; Regionaluntersuchung Furtal, Testgebiet für Methodenentwicklung zu einem Boden-Verdachtsflächenkataster 1991 ff) Emittentenbezogene Untersuchungen (KVA 1991/92, Giessereien 1992 ff, Krematorien 1995, PAK und Schwermetalle an Strassen 1994 ff sowie Folgeuntersuchungen laufend)
Boden-Dauerbeobachtung (Monitoring)	Pilotlauf KABO 1990 (Machbarkeitsstudie/Methodenevaluation im Hinblick auf die konkrete Planung des KABO) KABO-Hauptlauf 1995 ff
Risikobeurteilung	Schwermetallgehalte von Boden und Gemüse in Schrebergärten der Stadt Zürich (1994), Cadmiumtransfer Boden-Pflanze 1993 ff Einsatz von Düngemitteln und Hilfsstoffen in Winterthurer Pünten 1992
Erarbeiten von Standardvollzugsgrundlagen und -abläufen	Kantonale Rekultivierungsrichtlinien, Leitfaden zur Risikobeurteilung, Handhabung von Bodenverschiebungen, Terrainveränderungen Optimierung der Rekultivierungstechniken (Bestandesaufnahme bestehender Rekultivierungen, Rekultivierungsversuche mit unterschiedlichen Verfahren, Literaturstudie über den vertikalen Schadstofftransport aus Deponien in Rekultivierungsschichten sowie Beobachtungen an praktischen Beispielen) Verdachtsflächenkataster 1992 ff Standortkundliche Gliederung des Kantons Zürich Aufbau eines GIS-gestützten Bodeninformationssystems

Jahresbericht / Rapport d'activités 1994

Neben den Tätigkeiten der Arbeitsgruppen prägten die drei verankerten Anlässe - die *Jahrestagung mit Mitgliederversammlung und wissenschaftlicher Tagung*, die *Jahresexkursion* und das *Symposium im Rahmen der SANW-Jahrestagung* - unser Vereinsleben.

Die *Jahrestagung, Mitgliederversammlung und wissenschaftliche Tagung* vom 23. und 24. März 1994 fand in Biberist SO statt. Die vorgängige Exkursion über belastete Böden und die Infrastruktur für die Tagung wurden von Franz Borer und seinen Mitarbeitern in verdankenswertem Einsatz vorbildlich organisiert. Die wissenschaftliche Tagung stand unter dem Thema *Bodenleben*, zu dem sich 21 Referentinnen und Referenten mit Vorträgen und Postern äusserten. Insgesamt beteiligten sich 120 Mitglieder an den verschiedenen Veranstaltungen. Diese stattliche Zahl entspricht etwa einem Drittel der BGS-Mitgliedschaft. Die Beiträge wurden inzwischen im BULLETIN 18 publiziert.

Die *Jahresexkursion* vom 26. und 27. August 1994 brachte die 50 Teilnehmer von Frauenfeld auf den thurgauischen Seerücken und ins schwäbische Allgäu. Zusammen mit seinen Mitarbeitern und den Forstämtern des Kreises IV (H. Nussbaumer) und der Gemeinde Ermatingen (B. Kreis) orientierte uns Peter Lüscher anhand von 3 Bodenprofilen und den dazugehörenden Waldbeständen über die forstliche Standortskunde und die darauf aufbauende waldbauliche Planung. Mit Bratwurst, Kartoffelsalat, Pürli und Saft beschlossen wir den thurgauischen Teil der Jahresexkursion. Anschliessend gelangten wir mit der Fähre nach Meersburg, von wo wir über Ravensburg Kisslegg erreichten. Hier übernahm Karl Stahr vom Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim mit seinen Mitarbeitern die Leitung. Kohlenstoff-, Stickstoff- und Wasserhaushalt von landwirtschaftlich genutzten Böden und hydrologischen Einzugsgebieten wurden

anhand von Bodenprofilen und neuesten Messungen vorgestellt und eifrig diskutiert. Über Lindau und Bregenz trafen wir dann einige Minuten nach Abfahrt der Schnellzüge in St.Gallen ein. Den Organisatoren in beiden Gebieten wird an dieser Stelle für die umfassende Vorbereitung und die gelungene Durchführung der Exkursionen ganz speziell gedankt.

An der *Jahresversammlung der Schweiz. Akademie der Naturwissenschaften, SANW*, stellten im Rahmen eines Symposiums 21 Forscherinnen und Forscher, mehrheitlich Doktorandinnen und Doktoranden, ihre Projekte einem weiteren, nicht nur aus der BGS stammenden Publikum vor. Die Kurzfassungen von 11 Beiträgen wurden mittlerweile im DOKUMENT Nr. 6 publiziert.

Neben der Organisation dieser drei Veranstaltungen und der Abwicklung der üblichen Geschäfte befasste sich der Vorstand mit der weiteren Umstrukturierung der BGS, der Definition von Boden, der Zusammenarbeit mit dem WWF im Rahmen seiner Kampagne "Schutz des Bodens" und der Zusammenarbeit mit der Schweiz. Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften.

Das rege Interesse an unseren wissenschaftlichen Tagungen im Frühling und die zunehmenden Aktivitäten im Rahmen der SANW-Jahrestagungen stimmen zuversichtlich. Eine neue Generation von Bodenkundlern scheint uns Leute der ersten Stunde allmählich abzulösen. Vermehrt müssen wir jedoch versuchen, die Kolleginnen und Kollegen der französischen Schweiz für die Mitarbeit in unserer Gesellschaft zu interessieren.

Den Arbeitsgruppen, den Vorstandsmitgliedern, den Revisoren und dem Redaktor möchte ich für ihren selbstlosen Einsatz zum Wohle unserer Gesellschaft herzlich danken.

Bolligen, den 15. März 1995

Der Präsident: Peter Germann

Berichte der Arbeitsgruppen

Arbeitsgruppe für Bodenklassifikation und Nomenklatur

Tätigkeitsbericht 1994

Im abgelaufenen Jahr hat die Arbeitsgruppe eine Arbeitssitzung abgehalten. Dabei ging es um die Korrektur des Bodenschlüssels. Eine zweite Überarbeitungsrunde erfolgte auf dem Korrespondenzweg. Als Ergebnis der Aktivitäten der letzten zwei Jahre liegt nun ein Schlüssel vor, der auf der 1992 erschienenen Klassifikationsbroschüre beruht. Anlässlich der Posterausstellung an der Jahrestagung 1995 wurde der Schlüssel präsentiert. Offen ist noch die Frage, in welcher Form der 9-seitige Schlüssel an die Mitglieder des BGS abgegeben werden soll. Auch das Problem einer allfälligen Übersetzung ins Französische muss noch angegangen werden.

Für das kommende Jahr sind folgende Aktivitäten der Arbeitsgruppe vorgesehen:

- Veröffentlichung des Schlüssels; Übersetzung?
- Im Rahmen der Tagung der DBG 1997, an der auch eine Exkursion in die Schweiz geplant ist, beabsichtigen wir, den Schlüssel an diesen Profilen zu testen, bzw. parallel dazu Erfahrungen mit der FAO-Nomenklatur zu sammeln.
- Eine Anfrage von C. Lüscher zur Gründung einer Arbeitsgruppe "Bodendefinition" hat von unserer Seite zu folgendem Vorschlag geführt: Die Arbeitsgruppe ist der Meinung, dass die geplanten Aktivitäten zur Neudefinition des Bodens (im Zusammenhang mit der Revision des USG) ausgezeichnet in unsere Arbeitsgruppe passen. Wir sind der Ansicht, dass C. Lüscher und die weiteren Interessenten in Form einer Untergruppe innerhalb unserer Arbeitsgruppe aktiv werden sollten. Damit soll vermieden werden, dass die Bearbeitung von inhaltlich zusammengehörenden Themen versplittert wird.
- Für die Arbeitsgruppe sind neue Aktivitäten denkbar; diesbezüglich gibt es bereits einige Vorstellungen. Es soll das Ziel sein, anlässlich einer nächsten Arbeitssitzung über solche neuen Aktivitäten zu diskutieren.

Zürich, 9. März 1995

Peter Fitze

Bericht der Arbeitsgruppe "Bodenerosion/Bodenkonservierung"

Diese AG wurde mit der Absicht initiiert, als Forum des Informations- und Erfahrungsaustausches zu dienen, um insbesondere die in der Schweiz angewandten Mess-, Beurteilungs- und Kartiermethoden soweit als möglich zu standardisieren, damit die Resultate besser miteinander verglichen werden können. In diesem Sinne hat die AG ihre Aufgabe im Berichtsjahr erfüllt, obwohl keine eigentlichen Versammlungen stattgefunden haben, sondern die Besprechungen in kleinerem Rahmen stattgefunden haben. Mehrere Mitglieder der AG nahmen zudem am Treffen des "Arbeitskreises Bodenerosion" der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft anfang September in München teil.

Die Anzahl Personen, die sich in der Schweiz speziell mit dem Thema Bodenerosion beschäftigt, ist in den letzten Jahren eher zurückgegangen und die Kontakte untereinander sind gut. Um der Gefahr eines "Spezialisten-Klubs" zu entgehen, wurde die Entwicklung der Koordinationsgruppe "Mechanischer Bodenschutz" mit grossem Interesse beobachtet und mitgetragen. Vorbehältlich eines Entschlusses der GV der BGS wurde daher beschlossen, die AG "Bodenerosion" in die AG "Mechanischer Bodenschutz" zu integrieren, d.h. das Mandat an diese neue AG zu übergeben. Die Erosionsgruppe würde nur noch von Fall zu Fall, z.B. bei speziellen Methodenfragen, eigene Sitzungen abhalten. Es besteht diesbezüglich die Absicht, im Verlauf des Jahres 1995 eine Informationsveranstaltung zum Thema "Einsatz von Geographischen Informationssystemen bzw. Digitalen Geländemodellen zur Abschätzung der Bodenerosionsgefährdung" durchzuführen. Dabei soll vor allem über die Ergebnisse eines entsprechenden Ringversuches berichtet werden, der von einer Projektgruppe des Schwerpunktprogrammes "Forschungsverbundes Agrarökosysteme München (FAM)" im Untersuchungsgebiet Scheyern durchgeführt wurde.

Basel, 15.3.95

Für die AG Bodenerosion

Daniel Schaub

Hinweise für Autoren, Fortsetzung

6. Zusammenfassung

Bei deutschen Texten ist eine französische, bei französischen Texten eine deutsche Zusammenfassung erforderlich.
Eine englische Zusammenfassung ist wünschenswert.

7. Literatur

Im Text: ... (AUTOR(EN), Jahrzahl) ...

Im Verzeichnis: alphabetisch aufführen

Beispiel:

SOLDATINI, G.F., RIFFALDI, R., and LEVI-MENZI, R., 1976: Pb Adsorption by soils. *Water, Air and Soil Pollution* 6, 111-118.

8. Gestaltung der ersten Seite

siehe Abbildung

**Titel der Arbeit (fett oder GROSSBUCH-
STABEN, nicht unterstrichen)**

AUTOR(EN)
Institut, Forschungsanstalt, Adresse

1. Kapitel (nicht unterstrichen)

1.1. Unterkapitel (nicht unterstrichen)

Textbeginn ...

Auf der ersten Seite, am unteren
Seitenrand, muss für die Fussleiste,
welche von der Redaktion eingefügt wird,
2 cm Platz frei bleiben. Bitte keine
Linien anbringen.

