

KNAPPE RESSOURCE BODEN: EINE HERAUSFORDERUNG

10./11. Februar 2011

Casino Frauenfeld

Thurgau



Kanton Thurgau, Amt für Umwelt

LE SOL, UNE RESSOURCE LIMITÉE, UN DÉFI

10/11 février 2011

Casino Frauenfeld



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschafts-
departement EVD

Forschungsanstalt

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART



BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ

SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE

SOCIETÀ SVIZZERA DI PEDOLOGIA



Knappe Ressource Boden: Eine Herausforderung.

Standortbestimmung und künftige Herausforderungen für Wissenschaft, Praxis und Behörden.

Die Tagung wird in 4 Themenblöcke gegliedert:

- Nachhaltigkeit und Biodiversität
Der Boden als wesentlicher Bestandteil des Ökosystems ist entscheidend für den dauerhaften Fortbestand standortgerechter pflanzlicher und tierischer Organismen und ihrer Lebensgemeinschaften.
- Boden, Ernährung und Gesundheit
Der Boden ist Pfeiler der Futter- und Nahrungsproduktion. Er braucht doppelten Schutz: Erhaltung von Bodenfläche und Bodenfunktionen.
- Boden als «Regulator» im Ökosystem
Treibhausgase, Schadstoffe... der Boden spielt eine entscheidende Rolle im Ökosystem – im einen Fall als Reservoir im anderen Fall als Filter. Prozesse besser verstehen und Vorsorge treffen als Notwendigkeit und Herausforderung.
- Realität versus Modell – Modell versus Realität
Modellierung von Prozessen im Boden und Eigenschaften von Böden im Raum sind aus Wissenschaft und Praxis nicht mehr weg zu denken. Wo liegen die Möglichkeiten und Grenzen solcher Werkzeuge?

Le Sol, une ressource limitée, un défi,

Situation actuelle et défis futurs pour la recherche, la pratique et les autorités.

Les présentations se répartiront en quatre thèmes :

- Durabilité et biodiversité
Le sol, partie intégrante de l'écosystème se doit d'assurer la pérennité des espèces végétales et animales qui lui sont appropriées.
- Sol, alimentation et santé
Le sol, une des ressources premières pour la production alimentaire : une double protection, quantitative et qualitative.
- Le sol, régulateur de l'écosystème
Gaz à effet de serre, polluants... le sol en tant que réservoir ou filtre revêt un rôle capital dans les équilibres ou déséquilibres de l'écosystème. Prévenir tout en cherchant à mieux comprendre – un impératif, un défi.
- Réalité versus modèle – modèle versus réalité
Les modèles existant, permettant de simuler des situations bien définies de contraintes font légion. Quelles sont pourtant les limites de tels outils dont on se saurait aujourd'hui se passer ?

Inhalt

Thema	3
Programm	4
Referenten	5
Abstracts Beiträge	7
Abstracts Poster	23
Teilnehmerliste	53
Informationen	55

Contenu

Thème	3
Programme	4
Conférenciers	5
Abstracts communications	7
Abstracts poster	23
Liste des participants	53
Informations	55

Donnerstag, 10. Februar**Jeudi, 10 Février**

- Ab
 09.00 Anmeldung / Kaffee, Gipfeli
 09.40 Einleitung und Begrüssung
 J. Herz, Amt für Umwelt TG
 R. Bono, BGS Präsident
 10.00 «Opening Session» - Wunschforum
 Moderation E. Havlicek
 Teilnehmer: N. von Albertini, P. Gruber,
 A. von Niederhäusern, C. Kündig, S. Tobias

Nachhaltigkeit und Biodiversität

Moderation: E. Diserens

- 10.40 Soil biology, from molecules to ecosystem
 ecology. E. Mitchell, Uni Neuchâtel
 11.05 Nachhaltige Bodennutzung und Flächenerhalt -
 eine Herausforderung für den Wald.
 P. Lüscher, WSL
 11.30 Posterpräsentation
 S. Zimmermann, WSL
 11.40 Postersession: Nachhaltigkeit und Biodiversi-
 tät; Boden als «Regulator» im Ökosystem
 12.20 Mittagessen / Repas de midi

Boden als «Regulator» im Ökosystem

Moderation: U. Gasser

- 13.45 Kohlenstoff in Schweizer Böden: eine CO₂
 Quelle bei Klimaerwärmung?
 F. Hagedorn, WSL
 14.10 Kohlenstoffisotopie des Bodens als Indikator
 für Umweltwandel. C. Alewell, Uni Basel
 14.35 Persistent organic pollutants in soil: sources,
 concentrations and fate. W. Wilcke, Uni Bern
 15.00 Pause
 15.30 Riparian soils as water filters and emitters of
 greenhouse gases. J. Luster, WSL
 15.55 Synchrotronstrahlung in der bodenchemischen
 Forschung. R. Kretzschmar, ETHZ
 16.20 Pause, Apéro
 16.50 Generalversammlung der BGS
 19.00 Nachtessen

Freitag, 11. Februar**Vendredi, 11 Février**

- Ab
 08.15 Anmeldung
Boden, Ernährung und Gesundheit
 Moderation: F. Hagedorn
 08.30 Raumplanung als wirksames Instrument zum
 Schutz des Bodens? C. Lüscher, FHNW
 08.55 Infrarotspektroskopie – was hat das mit Boden zu
 tun? A. Gubler, Uni Bern
 09.20 Organische Agrochemikalien – Zwischen
 schnellen Transport, Transformation und langer
 Persistenz. C. Stamm, EAWAG
 09.45 Posterpräsentation
 S. Burgos, EI-Changins
 09.55 Postersession: Boden, Ernährung und
 Gesundheit
 10.40 HTC-Kohle: Bodenverbesserung oder Gefahr für
 die Bodenfruchtbarkeit. R. Krebs, ZHAW

Realität versus Modell – Modell versus Realität

Moderation: F. Hagedorn

- 11.05 Wissensbasierte Modellierung von
 Waldbodeneigenschaften: Möglichkeiten,
 Grenzen, Herausforderungen.
 T. Mosimann, Uni Hannover
 11.30 Fortschritte der Modellierung synthetischer
 Bodenarten im Zusammenhang mit der
 Kartierung dominanter Abflussprozesse.
 M. Margreth, Soilcom
 11.55 Posterpräsentation
 A. Alaoui, Uni Bern
 12.05 Mittagessen / Repas de midi
 13.30 Postersession: Realität versus Modell, Modell
 versus Realität
 14.30 Die hoch aufgelöste Erosionsrisikokarte ERK2 als
 Hilfsmittel für den Vollzug. V. Prasuhn, ART
 14.55 Predicting topsoil damage from slip of tractor
 tyres. A. Battiato, ART
 15.20 FAZIT – Antworten auf Fragen.
 H.-R. Pfeifer/ S. Daouk
 15.35 Posterprämierung und Abschluss
 R. Bono, BGS Präsident

ALAOUI Abdallah	Universität Bern, Geographisches Institut, Gruppe Hydrologie.
ALBERTINI VON Nina	Umweltberatung und Baubegleitung, Paspels
ALEWELL Christine	Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, Institut für Umweltgeowissenschaften.
BATTIATO Andrea	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Agrartechnische Systeme.
BONO Roland	BGS/SSP Präsident, Effingen und Liestal
BURGOS Stéphane	École d'Ingénieurs de Changins EIC.
DAOUK Silwan	Université de Lausanne, Institut de minéralogie et géochimie.
DISERENS Etienne	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Agrartechnische Systeme.
GASSER Ubald	Kanton Zürich, Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Bodenschutz.
GRUBER Paul	Forstamt Kanton Thurgau, Kantonsforstingenieur.
GUBLER Andreas	Universität Bern, Geographisches Institut.
HAGEDORN Frank	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bodenwissenschaften, Forschungsgruppe Boden-Biogeochemie.
HAVLICEK Elena	Université de Neuchâtel, Institut de biologie, Laboratoire sol & végétation.
HERTZ Jürg	Amt für Umwelt Kanton Thurgau.
KREBS Rolf	Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen, Fachstelle Bodenökologie.
KRETZSCHMAR Ruben	ETH Zürich, Departement Umweltwissenschaften, Institut für Biogeochemie und Schadstoffdynamik, Gruppe Bodenchemie.
KÜNDIG Claude	Canton de Vaud, Service des eaux, sols et assainissement SESA.
LÜSCHER Claude	Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Institut für Ecopreneurship.
LÜSCHER Peter	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bodenwissenschaften, Forschungsgruppe Bodenschutz.
LUSTER Jörg	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Bodenwissenschaften, Forschungsgruppe Bodenstrukturen und –funktionen.
MARGRETH Michael	Soilcom GmbH Zürich.
MITCHELL Edward	Université de Neuchâtel, Laboratoire de Biologie du Sol.
MOSIMANN Thomas	Leibniz Universität Hannover, Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie.
NIEDERHÄUSERN VON Adrian	Institut agricole de Grangeneuve IAG
PFEIFER Hans-Rudolf	Université de Lausanne, Institut de minéralogie et géochimie.

PRASUHN Volker

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Gewässerschutz.

STAMM Christian

EAWAG, Umweltchemie.

TOBIAS Silvia

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL,
Forschungsprogramm Raumentwicklung.

WILCKE Wolfgang

Universität Bern, Geographisches Institut, Arbeitsgruppe Bodenkunde.

ZIMMERMANN Stefan

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL,
Bodenwissenschaften, Forschungsgruppe Bodenschutz.

Soil biology, from molecules to ecosystem ecology : Current challenges and overview of research conducted at the soil biology laboratory of the University of Neuchâtel

*Edward A. D. Mitchell, Laboratory of Soil Biology, University of Neuchâtel, Rue Emile-Argand 11, CH-2000
Neuchâtel*

Soil biology is a very broad topic and questions related to soil ecology cover all spatial and temporal scales, from molecules to the biosphere and from short-term changes to evolutionary time scales. In this talk I will first give an overview of my vision of soil biology and current research challenges and opportunities. I will illustrate this with research conducted in the laboratory of soil biology of the University of Neuchâtel.

The laboratory of soil biology was created on August 1st 2009. Together with the laboratory soil and vegetation and the laboratory of microbiology, this laboratory is one of the three laboratories of the University of Neuchâtel involved in the masters program in biogeosciences (BGS), which also involves the University of Lausanne. Research conducted at the laboratory of soil biology fall into two main topics, 1) community and ecosystem ecology and 2) biodiversity and evolution of protists.

With respect to community and ecosystem ecology we study the patterns of above and below-ground communities, how they respond to ecological gradients at different spatial and temporal scales such as the bog-fen gradient in peatlands, river perturbation, primary succession in proglacial chronosequences, secondary succession in regenerating peatlands. Our research also includes palaeoecology both in the development of tools, especially the analysis of testate amoebae and development of transfer functions based on these protists for reconstruction of past environmental conditions, and the application of these tools in palaeoecological studies ranging from complete Holocene sequences to shorter-term change (e.g. ca. one century) associated for example to direct human impact, climate change, and/or response to management. Other basic research with strong potential for application includes development of tool for ecotoxicology (e.g. testate amoebae or microbial communities), and forensic science.

With respect to biodiversity and evolution of protists our research includes taxonomy (both morphology-based and molecular) and biodiversity assessment, biogeography, phylogeny and evolution. Our main model organisms for these topics are testate amoebae, oomycetes. Our group also addresses other topics such as the diversity of bacterial endosymbionts living within free-living protists. The interest of testate amoebae lies in their functional role in soil trophic food webs, the presence of a shell allowing relatively easy identification even after the death of the organism, the extremely ancient fossil history (>700MA), and their sensitivity to micro-environmental gradients (e.g. moisture, water chemistry).

Nachhaltige Bodennutzung und Flächenerhalt - eine Herausforderung für den Wald

*Peter Lüscher, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf
peter.luescher@wsl.ch*

Gesunde Böden sind für die Erhaltung einer gesamtheitlichen Nachhaltigkeit im Wald eine grundlegende Voraussetzung. Sie stellen ein System mit grosser Selbsterhaltungskraft dar und gewährleisten umfassend die Erfüllung aller Waldfunktionen. Es ist daher wichtig, dass bei der Waldbehandlung die Vorgaben des Bodenschutzes insbesondere die physikalischen Rahmenbedingungen eingehalten werden. Im Waldprogramm Schweiz (WAP-CH) wurden Grundsätze für eine künftige Waldpolitik festgelegt und angepasst. Unter den fünf prioritären Zielen wird die Erhaltung der Boden- und Trinkwasserqualität erwähnt.

Die Bodenschutzanliegen werden im schweizerischen Umweltschutzgesetz über die langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit definiert. Auf den Wald bezogen geht es darum, dass die Selbsterhaltung der standortstypischen Lebensgemeinschaft Wald mit Naturverjüngung nachhaltig gewährleistet sein muss. Das Wurzelwachstum der standortgerechten Baumarten darf nur durch natürliche Limiten beeinträchtigt werden, und die biologische Bodenaktivität ermöglicht den ungehemmten Abbau der Vegetationsrückstände unter den gegebenen standörtlichen Verhältnissen.

Bei übermässiger Belastung oder Beanspruchung der Waldböden sind die standortspezifischen Eigenschaften und Qualitäten gefährdet und damit auch die Erhaltung des Gesamtstandortes. Ob Schutz- oder Wirtschaftswald die Waldbodenfunktionen müssen nachhaltig erhalten bleiben. Denn nur über unterstützende Argumente im Zusammenhang mit der Bodenqualität kann ein Flächenerhalt längerfristig gerechtfertigt werden.

Das Referat soll mit ausgewählten Fallbeispielen die heutige Situation darstellen und eine mögliche künftige Ausrichtung mit Ansätzen einer Vorsorge- und Problemlösungsstrategie für alle beteiligten Stellen aufzeigen.

Verschiedene Posterbeiträge zeigen anlässlich der Jahrestagung Grundlagen und Umsetzungsstrategien zu unterschiedlichen Aspekten einer standortspezifischen, nachhaltigen Bodennutzung im Wald auf. Grundpfeiler für die Umsetzung sind die ökologischen Standards bzw. „Grundanforderungen für den naturnahen Waldbau“ sowie das Konzept „Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald“ (NaiS, 2005).

Thematisch verwandte Posterpräsentationen anlässlich der Jahrestagung:

- B. Lange Hydrologische Parameter und Durchwurzelungssituation in Waldböden der Voralpen: Projekte und Resultate
- A. Freuler Vollzug des physikalischen Bodenschutzes im Aargauer Wald
- C. Meyer Bodenverdichtung unter Fahrspuren - Strukturregeneration durch Bepflanzung mit *Alnus glutinosa*
- Bc-Arbeit gemeinsam mit der ZHAW, Wädenswil
- M. Ofner Die physiologische Aktivität von Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) auf verdichteten Waldböden

Kohlenstoff in Schweizer Böden: Bedeutung und potentieller Einfluss von Landnutzungsänderungen und Klimaerwärmung

*Frank Hagedorn, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL),
hagedorn@wsl.ch*

Organischer Kohlenstoff (C) in Böden spielt eine zentrale Rolle für die Bodenentwicklung, den Wasser- und Stofftransport sowie die CO₂-Bilanz von Ökosystemen. In diesem Vortrag möchte ich diskutieren, (i) welche Bedeutung der Boden-Kohlenstoff im Schweizer Kohlenstoffkreislauf hat, (ii) wie die Kohlenstoff- und damit die CO₂-Speicherung in Schweizer Böden auf zukünftige Landnutzungs- und Klimaänderungen reagiert, und (iii) welche Wissenslücken wir zu dem Thema Kohlenstoff in der Schweiz haben.

Welche Bedeutung hat die Kohlenstoffspeicherung in Schweizer Böden? Insgesamt speichern sie etwa doppelt so viel Kohlenstoff wie die Biomasse und fünfmal mal mehr C als die Atmosphäre als CO₂ enthält. Kleine Änderungen der C-Speicherung in den Böden könnten daher grosse Auswirkungen auf die Schweizer CO₂-Bilanz haben.

Wir wirken sich Änderungen in der Landnutzung auf die Kohlenstoffvorräte in Schweizer Böden aus? Schweizer Waldböden enthalten etwa 70% mehr Kohlenstoff als landwirtschaftliche Böden, bei einer fortschreitenden Zunahme der Waldfläche lässt daher auch ein zunehmende C-Speicherung (=CO₂-Bindung) erwarten. Allerdings gibt es bisher weder Messungen in Aufforstungen bzw. Wiederbewaldung zu unterschiedlichen Zeitpunkten, noch einen systematischen Vergleich von Flächen unterschiedlicher Landnutzung. Zudem erfolgten die C-Vorratsmessungen auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen unterschiedlich. Im Wald wurden die C-Vorräte anhand von Proben eines regelmässigen 8 x 8 km Rasters mit gemessenen Bodendichten errechnet. Auf landwirtschaftlichen Flächen wurden die Dichten mittels Pedotransferfunktionen ermittelt und auf Flächen definierter Landnutzungs- und Bodentypen hochskaliert.

Wir wird sich eine Erwärmung des Klimas auf die C-Speicherung auswirken? In Schweizer Waldböden nehmen die Kohlenstoffvorräte mit abnehmender Höhenlage, d.h. mit zunehmenden Durchschnittstemperaturen, ab. Dies gilt insbesondere für die organische Auflage. Dies legt den Schluss nahe, dass Klimaerwärmung zu CO₂-Verlusten aus dem Boden führen wird. Gestützt wird dies durch eine experimentelle Bodenerwärmung bei Davos, die eine langanhaltende Erhöhung der CO₂-Freisetzung aus Böden aufzeigt.

Welche Wissenslücken bestehen zu der Kohlenstoffspeicherung in Schweizer Böden? Unser quantitatives Verständnis über Änderungen der C-Vorräte ist begrenzt. Veränderungen sind nur schwer nachweisbar, da sie im Verhältnis zu den gesamten C-Vorräten sehr klein sind und häufig nur langsam stattfinden. Die Landnutzung in der Schweiz ändert sich dramatisch, mit einer starken Zunahme der Siedlungsfläche, einer Intensivierung der Landwirtschaft in produktiven Regionen und einer Wiederbewaldung auf marginalen Standorten in Hochlagen. Das Klima wird wärmer; es wird wahrscheinlich kürzere Winter, anhaltende Trockenperioden, mehr Stürme, und heftigere Niederschläge geben. Die Auswirkungen dieser Veränderungen müssen systematisch erhoben werden, um die zukünftige C-Bilanz ziehen und die Schutzfunktion von Schweizer Böden für Schadstoffe ermitteln zu können.

Kohlenstoffisotopie des Bodens als Indikator für Umweltwandel

Christine Alewell, Institut für Umweltgeowissenschaften, Universität Basel, christine.alewell@unibas.ch

Im letzten Jahrzehnt hat die Massenspektrometrie eine rasante methodische Entwicklung genommen, wodurch die Signatur stabiler Isotope in Gas-, Lösungs- und Festphase sich als eine preisgünstige Standardmethode der Forschung entwickelt hat. Im Vortrag wird die Frage diskutiert, ob stabile Isotope des Kohlenstoffs im Boden sich als Indikator für Umweltwandel eignen. Isotopensignaturen des Gesamtbodens haben den Vorteil, dass sie einen biogeochemischen Fingerabdruck des Systems Boden über (lange) Zeiträume geben können. Die Frage ist, ob dieser Fingerabdruck wirklich genügend Informationen preis gibt, um als Indikator für Umweltwandel in Forschung und Praxis geeignet zu sein. Der Vortrag wird drei Beispiele aus der aktuellen Forschung des Instituts für Umweltgeowissenschaften präsentieren.

Im ersten Beispiel wird das Potential von $\delta^{13}\text{C}$ Signatur des Bodens als Früherkennungsmethode für Bodenerosion mit Abtrag vom oxischen Boden am Hang in Feuchtgebietsböden in der Talaue diskutiert (Urseren Tal, Kanton Uri). Gleichzeitig werden Tiefenprofile der Isotopensignatur als Indikator für langfristige Bodenerosion interpretiert.

Im zweiten Beispiel werden Tiefenprofile von $\delta^{13}\text{C}$ in subarktischen Palsa-Mooren (Nordschweden) als Indikator für micro-morphologische Veränderungen dieser Moore vorgestellt. Das dritte Beispiel stellt die Dynamik von $\delta^{13}\text{C}$ in Bodensedimenten eines Flussbettes (Enziwigger, Kanton Luzern, Schweiz) als Indikator für Mineralisation und Zersetzung der organischen Substanz in den Sedimenten vor.

Persistent organic pollutants in soil: sources, concentrations, and fate

Wolfgang Wilcke, *Geographic Institute, University of Berne, Switzerland, wolfgang.wilcke@giub.unibe.ch*
Benjamin Bandowe, *Geographic Institute, University of Berne, Switzerland, benjamin.bandowe@giub.unibe.ch*

It was in the year 1962, when Rachel Carson's "Silent Spring" appeared that the broader public became aware of persistent organic pollutants (POPs) and their detrimental effects on the environment. It lasted, however, decades of research and a long political process until the international Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants regulating the production and environmental release of the "dirty dozen", twelve (classes of) compounds considered as dangerous for the environment became effective and since 2010 the list of compounds is further expanded.

POPs are either intentionally produced for different purposes (many halogenated compounds e.g., for plant protection or industrial use) or unintentionally as industrial by-product or after accidents (like the dioxins and furans which are produced when halogenated compounds burn). The production of others like the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) can even not be avoided because these compounds are formed in any incomplete combustion process of organic matter. In our talk, we will focus on the PAHs because this is an ubiquitously occurring class of toxic compounds that will also in future impact our environment (Wilcke, 2000; 2007). However, the general line of progress of our knowledge and the likely near-future major directions of research will probably be similar for other POPs.

PAHs are a class of several hundred individual compounds containing at least two condensed rings. Today, anthropogenic combustion of fossil fuels is thought to be the most important source of PAH inputs to the environment. The largest environmental reservoir of PAHs is the soil. PAHs have received much attention since they were found in soils for the first time in 1961 because of their potentially harmful effects on ecosystems, the food chain, and finally humans. Our understanding of the sources, the distribution in the environment, their fate (i.e. sorption, transport, degradation) is far advanced. However, there are still important knowledge gaps which need to be tackled in the near future.

Our understanding of the global distribution of POPs is currently challenged in the light of new findings of biological POP production. Separating anthropogenic and natural sources of POPs (even halogenated POPs can e.g., be produced biologically or during natural forest fires) requires new approaches of which the compound-specific stable isotope analysis is a very promising one which will certainly be further expanded in the future. Another important issue concerns the turnover and bioavailability of the persistent but not entirely unreactive compounds under real-world conditions (i.e. in soils in which the POPs are already "aged"). Such turnover times can be assessed in various ways including direct observation (perhaps making use of soil archives), laboratory incubations or via the concentrations of POP-derived metabolites (which themselves can be similarly or even more toxic than their parent compounds). Furthermore, the occurrence and fate of such metabolites in the environment is considerably underexplored. Metabolites are not part of any legal regulation of POPs in spite of their known environmental risks.

We will present results of our work on the sources and fate in the environment of PAHs and their oxygenated derivatives and metabolites (OPAHs) at a global perspective.

Wilcke, W. (2000): Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soil – a review. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 229-248.

Wilcke, W. (2007): Global patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soil. *Geoderma* 141, 157-166.

Riparian soils as water filters and emitters of greenhouse gases: lessons learned from a restored river reach

Jörg Luster, Juna Shrestha, Benjamin Huber, Elisabeth Graf Pannatier, Swiss Federal Research Institute WSL, 8903 Birmensdorf, joerg.luster@wsl.ch

Emanuela Samaritani, Edward Mitchell, University of Neuchâtel, edward.mitchell@unine.ch

Simone Peter, Edith Durich-Kaiser, IBP ETHZ, 8092 Zürich, simone.peter@env.ethz.ch

Pascal A. Niklaus, University of Zürich, 8057 Zürich, pascal.niklaus@ieu.uzh.ch

Emmanuel Frossard, Plant Sciences ETHZ, 8315 Lindau, emmanuel.frossard@ipw.agr.ethz.ch

Stefano Bernasconi, Geological Institute ETHZ, 8092 Zürich, stefano.bernasconi@erdw.ethz.ch

Claire Guenat, EPFL, 1015 Lausanne, claire.guenat@epfl.ch

Klement Tockner, IGB, D-12587 Berlin, Germany, tockner@igb-berlin.de

One of the most important functions of soils in riparian zones is to purify river infiltrate or agricultural runoff and thus to protect groundwater resources. Considering nitrate as a compound of major concern, the purification occurs either via permanent removal by denitrification or via temporary storage in plant and microbial biomass. Because the former process also produces nitrous oxide, a greenhouse gas 300 times as effective as carbon dioxide, water purification and climate regulation functions are closely linked in riparian systems.

In this study, which was part of the project cluster RECORD of the ETH domain, we investigated a channelised and a restored section of the Thur river corridor near Niederneunforn (canton TG). Here, the river is losing water and in the channelised section the river infiltrate is pumped as drinking water. During restoration in 2002, the main river channel was widened. As a consequence, the homogeneous dam foreland characterised by pasture was replaced by a spatially and temporally dynamic mosaic of gravel bars colonized by pioneer vegetation. In addition, by lowering the dam in some places, the connectivity of a riparian forest behind the dam with the river was increased and its pre-channelisation hydrology was partly restored. The objective was to assess the spatial and temporal variability of soil properties, environmental conditions, as well as pools, fluxes and transformations of carbon and nitrogen in the soils. In this presentation, the results from this study are summarized and discussed with respect to potential effects on groundwater quality and climate.

While physicochemical soil properties were mainly spatially determined by the average conditions of sedimentation during flooding, biologically affected carbon pools and fluxes were strongly influenced by temporal effects due to seasonality and flooding. The denitrification potential did not differ strongly between soils in the channelised and the restored section. However, the spatial variability in the frequently flooded and thus highly dynamic gravel bars of the restored section was very high. In addition, the latter parts were characterized by hot spots of nitrous oxide emissions. Flood pulses strongly affected the temporal occurrence of both denitrification and N₂O emission hot spots.

Under unsaturated conditions, the soils in some FPZs of the restored section were characterized by high *in-situ* net nitrification (balance between nitrification and uptake by plants and microorganisms) leading to very high nitrate concentrations strongly exceeding the Swiss drinking water limit throughout the profile. The spatial variability within all FPZs was generally high, and both season and flooding had strong impacts. This indicates a spatially and temporally variable risk of nitrate transfer into the groundwater by percolation of rain water (slow, small impact) or leaching during flooding (transitory, locally strong impact).

Furthermore, there were strong indications that leaching of bioavailable dissolved organic matter from the soils during flooding fueled microbial denitrification in the aquifer.

We conclude that (i) the assessment of soil functions in natural or near-natural floodplains has to consider the occurrence of hot spots and moments that are mainly modulated by river discharge and floodplain configuration, (ii) in riparian zones, where regular sedimentation of allochthonous and non-structured fine material during flooding leads to high bioavailability of nutrients and organic carbon, soils have also to be considered as potential source of nitrate, (iii) the evaluation of river restoration with respect to water quality and climate regulation has to consider the strong interaction between hydrological and biogeochemical processes in soils and groundwater, and in particular the exchange between the unsaturated and the saturated zones.

Synchrotronstrahlung in der bodenchemischen Forschung: Was können wir über Spurenelemente in Böden lernen?

Ruben Kretzschmar, Fachbereich Bodenchemie, Institut für Biogeochemie und Schadstoffdynamik, ETH Zürich, CHN F23.1, 8092 Zürich, kretzschmar@env.ethz.ch

Die rasante Entwicklung von analytischen Methoden unter Nutzung von Synchrotronstrahlung (Röntgen, Infrarot) hat in den letzten Jahrzehnten wesentlich zur bodenchemischen Forschung beigetragen und wird auch in Zukunft neue Möglichkeiten bieten. Ein Synchrotron produziert hoch-brilliante, monochromatische Strahlung (z.B. Röntgen, Infrarot), wobei die Strahlungsenergie mit Hilfe von Monochromatoren kontinuierlich variiert werden kann. An vielen Strahllinien kann der einfallende Strahl zusätzlich fokussiert werden, was eine räumlich aufgelöste Mikroanalytik (μ -) ermöglicht. Einige Beispiele für Synchrotronmethoden, welche heute durch zahlreiche Gruppen in der bodenchemischen Forschung eingesetzt werden, sind (in Engl.):

- X-ray absorption spectroscopy (XAS, μ -XAS)
- Extended X-ray absorption fine structure (EXAFS, μ -EXAFS) spectroscopy
- X-ray absorption near-edge structure (XANES, μ -XANES) spectroscopy
- Synchrotron X-ray diffraction (SXR, μ -SXR)
- Synchrotron micro-X-ray fluorescence (μ -XRF)
- Scanning transmission X-ray microscopy (STXM)
- X-ray computed tomography (CT)
- Infrared spectroscopy (FTIR, μ -FTIR)

Warum sind diese Methoden für die bodenchemische Forschung von grosser Bedeutung?

Böden sind sehr heterogene, poröse Naturkörper, welche aus komplexen Assoziationen zwischen mineralischen, organischen, und biotischen Komponenten aufgebaut sind. Die mineralischen Komponenten können gut kristallin bis extrem schwach-kristallin sein, und sind z.T. eng mit der organischen Substanz verbunden. Als Bodenchemiker interessiert uns zum Beispiel, wie sich Nährstoffe oder toxische Spurenelemente in solch komplexen Systemen verhalten. In welchen Redoxzuständen und chemischen Bindungsformen liegen die Elemente vor? Wie verändern sich ihre chemischen Bindungsformen mit der Zeit? Und unter welchen Bedingungen werden die Nährstoffe oder toxischen Spurenelemente mobilisiert? etc.

Diese und andere Fragen lassen sich mit Hilfe von Synchrotronmethoden untersuchen. Sie liefern direkte Informationen über die räumliche Elementverteilung (μ -XRF), Mineralogie (SXR, μ -SXR), Redoxzustände und chemische Bindungsformen (XAS, μ -XAS). In diesem Vortrag werde ich an Hand ausgewählter Beispiele zeigen, wie diese Methoden in der bodenchemischen Forschung eingesetzt werden können, welche Informationen man erwarten kann und wo derzeit noch Grenzen liegen.

Ausgewählte Literatur:

- Kelly, S.D., Hesterberg, D., and Ravel, B. (2008): Analysis of soils and minerals using X-ray absorption spectroscopy. *Methods of Soil Analysis. Part 5. Mineralogical Methods. SSSA Book Series, no. 5.*
- Fenter, P.A., Rivers, M.L., Sturchio, N.C., and Sutton, S.R. (Eds.): *Applications of Synchrotron Radiation in Low-Temperature Geochemistry and Environmental Science. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Vol. 49, 2002.*
- Jacquat, O., Voegelin, A., and Kretzschmar, R. (2009): Local coordination of Zn in hydroxy-interlayered minerals and implications for Zn retention in soils. *Geochim. Cosmochim. Acta 73: 348-363.*
- Voegelin, A., Weber, F.A., and Kretzschmar, R. (2007) Distribution and speciation of As around roots in a contaminated riparian wetland soil: Micro-XRF element mapping and EXAFS spectroscopy. *Geochim. Cosmochim. Acta 71: 5804-5820.*
- Scheinost, A.C., Rossberg, A., Vantelon, D., Xifra, I., Kretzschmar, R., Leuz, A.-K., Funke, H., and Johnson, C.A. (2006) Quantitative antimony speciation in shooting-range soils by EXAFS spectroscopy. *Geochim. Cosmochim. Acta 70: 3299-3312.*
- Scheinost, A.C., Kretzschmar, R., Pfister, S., and Roberts D.R. (2002): Combining selective sequential extractions, x-ray absorption spectroscopy, and principal component analysis for quantitative zinc speciation in soil. *Environ. Sci. Technol. 36, 5021-5028.*

Raumplanung als wirksames Instrument zum Schutz des Bodens?

Claude Lüscher, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Institut für Ecopreneurship

Raumplanung hat eine geordnete und haushälterische Nutzung des Bodens zum Ziel. Dies führt - zusammen mit Zuwanderung und überhöhter Anspruchshaltung - u.a. zu einer spürbaren Knappheit der verfügbaren Ressource. Die Reaktionen diverser Akteure auf dieses Phänomen sind sehr unterschiedlich. Der bisher praktizierte raumplanerische Vollzug führt zum Teil zu perversen Entwicklungen, wie überhöhte Landpreise, Landhortung und Baulandhunger. Die kaum zu bremsende Ausdehnung des Baugebietes ist die für den Bodenschutz schlimmste Folge, weil die agrarisch besten Böden (FFF) dabei am raschesten zerstört werden. Innerlandwirtschaftliche Strukturen, resp. Mechanismen und agrarpolitische Massnahmen verstärken diese Effekte.

Information und Schulung der Bau- und Planungsfachleute, sowie Aufklärung der PolitikerInnen gerade auch auf kommunaler Ebene sind wichtige Strategien, um diese Ressourcenerstörung zu bremsen. Solange die Bodenpreise derartige Diskrepanzen aufweisen, wie das heute der Fall ist, kann die Entwicklung kaum gebremst werden. Mit griffigen Steuern auf nicht verbautem Bauland, sowie einem progressiv ausgestalteten Mehrwertausgleich könnte ein Teil dieser Entwicklung aufgefangen werden.

Das enthebt die Schweizer Bevölkerung nicht ihrer Aufgabe, sich grundsätzlich zu überlegen, was mit dem Boden ausserhalb Baugebiet in Zukunft geschehen soll: ist die Schweiz ein 'Technopark' oder hält sie sich weiterhin eine produktive, aber teure Landwirtschaft? Das Schicksal vieler unserer noch nicht verbauter Böden hängt letztlich an der (bisher ausbleibenden) Antwort auf diese Frage.

Infrarotspektroskopie – was hat das mit Boden zu tun?

Andreas Gubler, GIUB, Hallerstrasse 10, 3012 Bern, gubler@giub.unibe.ch

Der Boden ist eine knappe Ressource und steht in einem Spannungsfeld zwischen Wirtschaft, Gesellschaft, Wissenschaft und Politik. Das Bevölkerungswachstum, aber auch höhere Ansprüche an den Umweltschutz werden den Druck auf die Ressource Boden erhöhen und vermehrt zu Konflikten führen – in der Schweiz wie weltweit. Wissenschaftler und Politiker sind gefordert, die Bodennutzung so zu regeln, dass Böden optimal genutzt werden können, gleichzeitig die Bodenqualität aber langfristig erhalten bleibt. Dazu werden Informationen über die Böden benötigt.

Die Spektroskopie im sichtbaren Bereich und dem nahen Infrarot (VNIRS) ist eine Möglichkeit, die Datenlage für Böden zu verbessern. Sie hat sich in anderen Disziplinen schon länger etabliert; durch die Bodenwissenschaft wurde sie vor ca. 15 Jahren entdeckt und hat einige Hoffnungen geweckt

Dieser Vortrag gibt anhand konkreter Beispiele einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten von VNIRS im Bereich Boden und zeigt deren Stärken und Schwächen auf. Da ist zum einen der Einsatz im Labor zur Bodenanalytik, wobei verschiedenste Bodeneigenschaften analysiert oder zumindest grob geschätzt werden können. Zum andern besteht die Möglichkeit zur Erfassung einzelner Felder oder Transekte in situ. Weiter wird versucht, VNIRS zur Fernerkundung von Böden aus der Luft und dem Weltall zu nutzen. Schliesslich besteht noch die Möglichkeit, VNIRS zur Erfassung der Variabilität der Böden ganz allgemein zu nutzen und so einen Überblick über Regionen oder Bodenarchive zu gewinnen. In diese Richtung zielt auch das Projekt der Soil Spectroscopy Group einer globalen Spektralbibliothek für Böden.

Organische Agrochemikalien - zwischen schnellem Transport, Transformation und langer Persistenz

Christian Stamm, Eawag, christian.stamm@eawag.ch

In der Schweizer Landwirtschaft werden jährlich rund 2000 Tonnen Pestizide eingesetzt. Ein erheblicher Teil davon erreicht den Boden. Dieser Vortrag beleuchtet die Frage, was mit diesen Substanzen passiert.

Aus zahlreichen Untersuchungen ist bekannt, dass Pestizide nach ihrer Applikation durch Regenereignisse in Oberflächengewässer verfrachtet werden können. Sind die Substanzen zudem einigermaßen persistent und werden in grossen Mengen eingesetzt, können sie auch im Grundwasser nachgewiesen werden. Bezogen auf die ausgebrachte Masse sind die in den Gewässern auftretenden Mengen aber gering und liegen in der Grössenordnung von einem Prozent der Applikationsmengen.

Damit stellt sich die Frage, was mit dem grossen Rest geschieht. In den letzten Jahren hat das Auftreten von Umwandlungsprodukten in Gewässern erhebliches Interesse gefunden. Synthetischen Pestizide werden in der Regel nicht (direkt) mineralisiert, sondern in über verschiedene Schritte in (meta-)stabile Umwandlungsprodukte umgewandelt. Diese sorbieren häufig weniger stark an Bodenpartikel und treten deshalb häufig in höheren Konzentrationen im Grundwasser auf als die Ausgangssubstanzen.

Doch auch diese Umwandlungsprodukte machen schlussendlich nur einen kleinen Teil der ursprünglichen Pestizidmenge aus. Um ein vollständigeres Bild über das Schicksal dieser Substanzen zu erhalten, muss man untersuchen, was im Boden genau abläuft. Solche Analysen sind jedoch oftmals nicht einfach, da die zu untersuchenden Substanzen zuerst aus dem Boden extrahiert werden müssen. Wenn eine Substanz nicht gefunden wird, ist oft nicht klar, ob sie nicht vorhanden ist oder mit der verwendeten Extraktionsmethode nicht freigesetzt werden konnte. Analysen von gelagerten NABO Proben zeigen jedoch, dass eingesetzte Pestizide auch Jahre nach ihrer Anwendung im Boden noch nachweisbar sind. Allerdings deuten die Daten nicht darauf hin, dass eine massgebliche Anreicherung stattfindet. Die Rest wird wahrscheinlich entweder vollständig mineralisiert oder kovalent ins organische Material eingebunden.

HTC-Kohle: Bodenverbesserung oder Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit

*Rolf Krebs, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Grüental, 8820 Wädenswil,
rolf.krebs@zhaw.ch*

*Alex Mathis, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Grüental, 8820 Wädenswil,
alex.mathis@zhaw.ch*

*Matthias Lutz, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Grüental, 8820 Wädenswil,
matthias.lutz@zhaw.ch*

Die Hydrothermale Carbonisierung (HTC) bezeichnet einen Prozess, bei dem Biomasse zu einem braunkohleähnlichen Produkt, der HTC-Biokohle, umgesetzt wird. Im Gegensatz zur natürlichen Verkohlung dauert die HTC nur wenige Stunden. Die Biomasse wird in einem geschlossenen Reaktor auf rund 200 °C aufgeheizt und zunächst dehydriert. In einer zweiten exothermen Phase setzt die noch nicht genau verstandene Modifikation der Biomasse ein. Die Produkte des HTC Prozesses sind primär Kohle und Wasser. Bei der HTC wird Energie freigesetzt, so dass für den Betrieb einer Anlage bei guter Prozessführung nur minimale oder gar keine zusätzliche Energie benötigt wird. Das Besondere an der HTC ist, dass nach aktuellem Kenntnisstand im Gegensatz zu anderen Verfahren sämtliche Biomasse für die HTC geeignet ist – sogar jene mit hohem Wassergehalt. Nach der Carbonisierung kann die Trockensubstanz effizient vom Prozesswasser getrennt werden.

Für die entstehende HTC-Kohle wird neben der energetischen Verwertung auch der Einsatz als Bodenverbesserungs- und Sequestrierungsmittel postuliert. In ersten Gefässversuchen wurde an der ZHAW in Wädenswil die Wirkung von mehreren HTC- und Biokohlen in unterschiedlichen Konzentrationen untersucht und verglichen. Verschiedene chemische und physikalische Bodeneigenschaften wurden in Abhängigkeit der HTC- und Biokohlezugaben dokumentiert. Bei der ersten gesäten Kultur (Mangold) wurden Keimhemmungen in Abhängigkeit der zugegebenen Menge an HTC-Kohle aus Orangenschalen festgestellt, während dem sich die Zugabe von Biokohle aus Pyrolyseprozessen eher wachstumsfördernd auswirkte. Bei der folgenden Saat mit Mais waren auch die Zugaben von HTC-Kohle aus Orangenschalen gegenüber den Kontrollen wachstumsfördernd. Die Gründe für die Wachstumshemmung bei den HTC-Kohlezugaben werden aktuell abgeklärt.

Wissensbasierte Modellierung von Waldbodeneigenschaften Möglichkeiten, Grenzen, Herausforderungen

Thomas Mosimann, Leibniz Universität Hannover, mosimann@phygeo.uni-hannover.de

Für den Schutz der Waldböden, die Berücksichtigung der Standortsbedingungen bei der Waldentwicklungsplanung und die Abschätzung von Umweltrisiken und –veränderungen müssen die Bodeneigenschaften möglichst der gesamten Waldfläche bekannt sein. Eine klassische Kartierung dauert zu lange und ist heute nicht mehr finanzierbar. Der neue Weg führt über Modelle, die auf der Grundlage von Bodeninformationen über einzelne Waldstandorte die Bodeneigenschaften für die verschiedenen Waldareale vorhersagen. Dies verlangt natürlich ebenfalls Felduntersuchungen an ausgewählten Standorten.

Für die Praxis wichtige Bodeneigenschaften sind Gründigkeit, Steingehalt, Vernässung und Versauerung im Ober- und Unterboden. Diese ermöglichen es später, in Kombination mit weiteren Merkmalen, flächenhafte Aussagen z.B. über das Schadrisiko durch Befahren, das Trockenstressrisiko, die Nährstoffversorgung, das Filtervermögen der Böden für gesundes Trinkwasser und weitere Risiken und ökologische Funktionen abzuleiten.

Ansatz einer wissensbasierten Modellierung:

- Grundlage bilden mehr als 400 über den ganzen Kanton Basel-Landschaft und die Nachbargebiete verteilte Punkte mit Informationen zu Bodeneigenschaften. Alle Bodeninformationen befinden sich in der kantonalen Waldbodendatenbank.
- Die Vorhersage der Bodeneigenschaften beruht auf 29 Prädiktoren aus den Bereichen Relief, Gestein, Waldgesellschaft/Waldtyp und Lageparametern. Häufigkeitsstatistische Analysen ermitteln die Abhängigkeiten zwischen den Bodeneigenschaften und den Standortfaktoren. Zusammen mit Expertenwissen entstehen die Kombinationen von Standortseigenschaften welche die Ausprägung des Bodens am besten abbilden. Grundlage ist zum Beispiel eine sehr detaillierte Modellierung der Oberflächenformtypen und eine Neuklassifikation petrographischer Gesteinstypen aus den geologischen Karten.
- Aus dem Ergebnis dieser Analysen entstanden entscheidungsbasierte Modelle („decision trees“). Diese ermitteln über eine grosse Zahl von Abfragen in den drei Bodenregionen Jura, Lösshügelland und Talböden die Bodeneigenschaften aus den Standortsbedingungen.
- Die Modelle berechnen mit den Daten zu den bodenbestimmenden Faktoren aus dem kantonalen GIS die flächendeckenden Karten der Waldbodeneigenschaften. Die Eigenschaften werden in 4-5 Klassen differenziert. Es lassen sich am Bildschirm Kartenausschnitte bis etwa zum Massstab 1:5'000 erstellen. Die kleinsten Areale sind ca. 0,1 ha gross.
- Die Zusammenhänge zwischen den Standortfaktoren und der Ausprägung des Bodens sind nicht überall gleich gut. Deshalb enthalten die neuen Waldbodenkarten auch Angaben zur Sicherheit der Einstufungen und beinhalten Flächen, für die keine Aussagen möglich sind. Dies zeigt auch die Grenzen: Je nach Bodeneigenschaft bleiben 10-30 % der Waldfläche vorläufig ohne Aussage.

Eine Herausforderung der Zukunft liegt in der Ergänzung der im Entstehen begriffenen nationalen Bodendatenbank mit Parametern, die für solche Modellierungen geeignet sind.

Fortschritte der Modellierung synthetischer Bodenkarten im Zusammenhang mit der Kartierung dominanter Abflussprozesse

Michael Margreth, Soilcom GmbH, Bülachstrasse 18, 8057 Zürich, michael.margreth@soilcom.ch
Simon Scherrer, Scherrer AG, Schönmattestrasse 8, 4153 Reinach, scherrer@scherrer-hydr.ch
Felix Naef, ETH Zürich, Wolfgang-Pauli-Str. 15, 8093 Zürich, naef@ifu.baug.ethz.ch

Die Abflussreaktion eines Einzugsgebiets auf Starkniederschläge hängt stark von der räumlichen Verteilung des Infiltrations-, Speicher- und des Entwässerungsvermögens des Bodens und des Untergrundes ab. Je nach Kombination dieser Eigenschaften treten unterschiedliche Abflussprozesse auf. Basierend auf zahlreichen Feldversuchen wurde ein Entscheidungsschema entwickelt, welches das Zusammenspiel vom Wasserfluss in Makroporen und in der Bodenmatrix erklärt. Mit diesem Schema lässt sich der an einem Standort dominante Abflussprozess ermitteln und anhand von geologischen, topographischen, Boden- und Landnutzungskarten und Erhebungen im Feld auf die Fläche übertragen. So entstehen Karten dominanter Abflussprozesse, die zeigen, welche Flächen rasch und welche verzögert auf Starkniederschläge reagieren. Diese Methode hat sich in zahlreichen Studien zur Abschätzung von Hochwasserabflüssen bewährt.

Um die Herstellung solcher Abflussprozesskarten zu vereinfachen, wurde ein automatisches, GIS-gestütztes Verfahren entwickelt. Da ein solches Verfahren digitale Daten erfordert, musste das Regelwerk vereinfacht werden, das auf Angaben wie Makroporosität, laterale Fliesswege und sonstige Feldbeobachtungen verzichtet. Diese Methode wurde in zwei kleinen Gebieten im Kanton Zürich entwickelt und dann auf das ganze Kantonsgebiet angewendet. Mit einer hoch aufgelösten Bodenkarte im Massstab 1:5'000 und einer geologischen Karte wie sie im Kt. Zürich vorliegen, lassen sich gute Abflussprozesskarten erstellen. In weiten Teilen der Zürcher Waldgebiete und in vielen Gebieten der Schweiz fehlen jedoch detaillierte Bodenkarten. Wie können da räumlich detaillierte Informationen zur Bodenspeicherfähigkeit hergeleitet werden und deren Unsicherheiten im Hinblick auf die Beurteilung der Abflussbildung minimiert werden?

Das digitale Terrainmodell der Amtlichen Vermessung (DTM-AV) liefert Höheninformationen in einem Raster von 2 x 2 Metern. Diese Informationen ermöglichen es, auch kleine Bäche, Entwässerungsgräben oder sogar Erosionsrinnen zu identifizieren. Das Entwässerungsnetz kann so in einer weitaus höheren räumlichen Auflösung ermittelt werden als die offiziellen Grundlagen. Ein dichtes Netz an Entwässerungsgräben liefert Hinweise auf die Böden in deren Umgebung (z. B. Boden entwässert schlecht, Unterboden neigt zur Vernässung, etc.). In steileren Gebieten können Erosionsrinnen darauf hindeuten, dass bei Starkniederschlägen rascher Oberflächenabfluss entsteht (z. B. aufgrund gehemmter Infiltrationskapazität des Bodens, erhöhtem Hangwasserspiegels, etc.). Diese vom DTM-AV hergeleiteten, hoch aufgelösten Geländeinformationen werden aber auch zur Modellierung von Bodeneigenschaften verwendet. Grundlage dafür sind bestehende Verfahren zur Erstellung synthetischer Bodenkarten (Kt. LU und GR). Das Geländemodell erkennt auch kleine Kanten und Verflachungen in Hängen. Deshalb kann auf Standorten beispielsweise über Festgestein anhand des Geländemodells die Bodenmächtigkeit prognostiziert und davon die Speicherfähigkeit abgeleitet werden.

Dieses neue Verfahren wurde in den Waldgebieten des Kt. ZH und im Einzugsgebiet der Kleinen Emme angewendet. Als Zwischenprodukt bei der Erstellung der Abflussprozesskarte erweist sich die synthetische Bodenkarte als geeignetes Mittel, um in Gebieten ohne verfügbare Bodenkarten die Unsicherheiten in der Herleitung von Abflussprozesskarten zu mindern. Die Ergebnisse in der Kleinen Emme und im Kt. ZH waren überraschend gut. Die Güte des Ergebnisses im Einzugsgebiet der Kleinen Emme hängt u.a. mit dem topographischen Aufbau des Gebiets zusammen. Auf identifizierbaren Flächen funktioniert dieses Verfahren hingegen weniger gut. Die Gründe für die unterschiedliche Güte der Prognose werden offengelegt und die Möglichkeiten und Grenzen solcher Verfahren im Hinblick auf bodenkundliche Anwendungen oder geowissenschaftliche Fragestellungen werden im Vortrag diskutiert.

Die hoch aufgelöste Erosionsrisikokarte ERK2 als Hilfsmittel für den Vollzug

Volker Prasuhn, *Agroscope Reckenholz-Tänikon ART*, volker.prasuhn@art.admin.ch
Hanspeter Liniger, *CDE Universität Bern*, hanspeter.liniger@cde.unibe.ch
Simon Gisler, *CDE Universität Bern*, simon.gisler@cde.unibe.ch

Bodenerosion führt zum Verlust von wertvollem Oberboden und kann Gewässer mit Sediment oder Nähr- und Schadstoffen verunreinigen. Der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit ist ein ureigenes Interesse jedes Landwirtschaftsbetriebes. Trotzdem werden die Folgen von Bodenerosion häufig nicht als vordringliches Problem eingestuft. Die Bauern werden zwar vom Gesetzgeber dazu aufgefordert, Erosion auf ihren Böden zu verhindern. In der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) sind Richtwerte für Bodenerosion festgeschrieben und in der Direktzahlungsverordnung (DZV) wird bei wiederholtem Bodenabtrag auf Ackerflächen die Umsetzung von Massnahmen verlangt. Die Umsetzung von Erosionsschutz ist in der Praxis allerdings häufig ungenügend. In der EU ist der Erosionsschutz neu im Rahmen von „Cross Compliance“ geregelt. Seit dem 01.07.2010 müssen z.B. in Deutschland gemäss Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung in allen Bundesländern parzellenscharfe potentielle Erosionsgefährdungskarten vorliegen und im Vollzug eingesetzt werden (sogenanntes Erosionskataster). Eine vergleichbare Regelung existiert in der Schweiz bisher nicht. Daher wurde im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) nun eine hoch aufgelöste Erosionsrisikokarte im 2x2-Meter-Raster (ERK2) erstellt.

Die hoch aufgelöste Erosionsrisikokarte der Landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz zeigt das potentielle Erosionsrisiko aufgrund der Standortfaktoren Relief, Boden und Niederschlag - unabhängig von der jeweiligen Nutzung (Acker-, Grasland oder Reben) und Bewirtschaftung. Stark erosionsgefährdete Bereiche innerhalb einer Parzelle oder eines Hanges wie beispielsweise Talwege können in der Karte gut identifiziert werden. Erosionsschadenskartierungen im Feld, Vergleiche mit anderen Erosionsrisikokarten und Diskussionen mit Landwirten haben die Plausibilität der Karte bestätigt. Insgesamt wurden 44 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche im Talgebiet auf der Basis eines 2x2-Meter-Rasters als potentiell erosionsgefährdet klassiert. Allerdings werden 38 % dieser Fläche als Dauergrünland genutzt und haben insofern kein reales Erosionsrisiko. Eine digitale Karte der Ackerflächen liegt derzeit nicht vor, so dass eine Aufteilung in Acker- und Grasland nicht vorgenommen werden konnte.

Mit der ERK2 liegt nun eine für die ganze Schweiz einheitliche Grundlage zur Beurteilung des potentiellen Erosionsrisikos auf der Skala Parzelle vor. Eine Überprüfung des modellierten Erosionsrisikos im Feld bleibt aber unumgänglich.

Predicting topsoil damage from slip of tractor tyres

Andrea Battiato, Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen,
andrea.battiato@art.admin.ch

Etienne Diserens, Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen,
etienne.diserens@art.admin.ch

Common tillage operations often require tractors to apply high traction forces. The development of traction forces on soils is always related to wheel slip. In such conditions the soil is subjected to vertical and shear stresses. Shear stress increases with wheel slip and can cause failure of the soil among the tyre lugs (soil cutting), with the formation of a surface layer strongly exposed to erosion and an underlying layer characterised by intense shear deformations which can lead to a disturbance of the pore system, altering the flow of fluids through the soil. While the shear stress is almost negligible in subsoil and different models for predicting subsoil damage based on the increase in vertical stress have been proposed, when dealing with topsoil damage the system of vertical and shear stresses must be taken into account.

Within this framework, a new approach for predicting the topsoil damage from the stress distribution along the contact surface between the tractor tyre and the topsoil is presented.

An analytical physical based model is employed in order to describe the relationship between developed traction force and wheel slip, and from that the stress system applied on topsoil-tyre interface. The topsoil damage is modelled on the base of the failure condition along the contact surface.

The model is validated by means of field tests employing a pulling tractor and a brake tractor on a silty soil with maize stubble. Traction force, wheel slip, depth of ruts from tractor passages and topsoil displacements are measured. Different conditions of tractor load, tyre size and tyre inflation pressure are considered. Soil mechanical characterization is based on Bevameter compression and shearing tests. Recorded data are confronted with model simulations.

The proposed model provides practical information concerning tractor traction performance in terms of: (I) net traction (drawbar pull), (II) gross traction (sum of the drawbar pull and the motion resistance due to soil resistance and tyre deformation), (III) required power at the wheel hub and (IV) wheel slip.

All the above information are matched with the useful indication of a traction or slip limit corresponding to the topsoil damage condition.

Soil compaction following passage of a tracked heavy machine

A. Alaoui, Hydrology Group, Department of Geography, University of Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern, Switzerland

E. Diserens, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Research Station, CH-8356 Ettenhausen, Switzerland

Golf course construction with a tracked heavy machine (scrapedozer) involves soil treatment with a high risk of compaction, especially when the machine drives directly on subsoil. The aims of this study were i) to use a coupled physical and hydraulic approach to better evaluate the effect of soil deformation on soil structure, parameterized as bulk density (BD); penetration resistance (PR); pore size distribution (PSD), Brilliant Blue (BB) tracer distribution and infiltration capacity, following passage of the scrapedozer during golf course construction, ii) to evaluate the effect of initial soil conditions on changes in soil structure and iii) to provide comprehensive recommendations on the use of such heavy machines in golf construction operations. Special attention was paid to subsoil below 0.30 m since the topsoil layer is normally reconstructed after scraping. The compaction effect was more evident on wet trafficked plot, as clearly confirmed by the results of BD, PR and PSD (decrease of mesopores) while less pronounced effect was observed in moderately dry soil as shown by the PR and BB. The non-significant decrease in macropores on both plots between 0.30 and 0.40 m, on the one hand, and the discrepancy between BD and PR in indicating soil compaction for same soil layers on the other hand, can be attributed to the heterogeneity and / or to the cracking effect, depending of initial water content. In fact, soil cracking was observed in MD and may be attributed to the existence of microcracks visible at the soil surface which promote cracking at deeper levels. Although there was a notable increase in the PR in the topsoil at depths between 0 and 0.10 m for both trafficked plots, no significant increase was shown at this depth. This result may be attributed to the steel tracks that help to loosen the topsoil layer and consequently to diminish the effect of soil compaction. Based on the observed structural deterioration, the use of a lighter machine is recommended under wet soil conditions and also when the topsoil is scraped.

Agrartechnische Systeme im Spannungsfeld zwischen Boden und Technik

Thomas Anken, Etienne Diserens, Andrea Battiato, Martin Holpp,

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon 1, CH 8356 Ettenhausen

Bodenschonende Bestellverfahren, Auswirkungen der Technik auf den Boden und energieeffiziente Kraftübertragung sind langjährige Aktivitäten der Gruppe „Agrartechnische Systeme“ in Tänikon. Die verfügbare technische Ausrüstung erlaubt die Messung von Zugkräften, Zapfwellenrehmoment und Treibstoffverbrauch bei Bodenbearbeitungsgeräten, Traktoren und anderen Maschinen auf dem Prüfstand oder auf dem Feld. Messungen der Druckausbreitung mit Bollingsonden, Bodensetzungs- und Schermessungen mittels Bevameter auf dem Feld stellen andere Schwerpunkte dar. In punktuellen oder langjährigen Versuchen wird gemeinsam mit anderen Forschungsgruppen der Impact der Technik (Maschinenlast, Fahrwerke, Bearbeitungsintensität) auf den Boden ermittelt. TASC, ein praxisorientiertes Rechenprogramm das zur Beurteilung der Ober- und Unterbodengefährdung dient, ist ein Produkt dieser Arbeit. Die Weiterentwicklung der Streifenfrässaat von Mais, die letztes Jahr mit „20 Jahre Streifenfrässaatclub“ ein beachtliches Jubiläum feierte, stellt die Früchte der Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis dar.

Der technische Fortschritt bei der Satellitennavigation und die zunehmende Grösse der Landmaschinen macht es möglich, aus der Not der schweren Maschinen fast eine Tugend zu machen. Mit dem System „Controlled Traffic Farming“ verkehren nämlich die Maschinen mittels abgestimmter Arbeitsbreiten nur noch auf permanent angelegten Fahrgassen. Das Potential dieser Technik wird in Zusammenarbeit mit der Gruppe „Bodenfruchtbarkeit/Bodenschutz“ aus Reckenholz eingehend untersucht.

Use of enzyme additions to characterize the nature and bioavailability of soil organic phosphorus

Annaheim K.

Stable isotopes of Cu and Zn indicate sources and biogeochemical fate of Cu and Zn in polluted soils and sediments

Moritz Bigalke, Geographic Institute, University of Berne, Switzerland, moritz.bigalke@giub.unibe.ch
Michael Kersten, Earth System Science Research Center, Johannes Gutenberg University Mainz, Germany
Jozef Kobza, Soil Science and Conservation Research Institute, Banská Bystrica, Slovakia
Stefan, Weyer, University of Frankfurt, Institute of Geoscience, Germany
Wolfgang Wilcke, Geographic Institute, University of Berne, Switzerland, wolfgang.Wilcke@giub.unibe.ch

The use of stable metal isotopes is a relatively new approach to investigate into the sources and the fate of trace metals in the environment. The stable isotopes of Cu and Zn have already successfully been used for source identification of contamination originating from atmospheric sources (Mattielli et al., 2009) and of anthropogenic Zn in sediments (Sivry et al., 2008). In the opposite, Cu stable isotopes do not seem applicable for source tracing in most cases, but might be indicators for biogeochemical processes occurring in soil (Bigalke et al., 2010). Consequently we investigated Cu and Zn stable isotopes in polluted soils and sediments to identify sources and trace the fate of these potentially toxic metals in the environment.

We determined the stable isotopes of Cu and Zn in contaminated soils in different distances from a Cu smelter in eastern Slovakia and in a contaminated sediment from a freshwater tideland near Hamburg in Germany. The three soil profiles were sampled at 1.1, 3.8 and 5.3 km distance from a Cu smelter in Kropachy and showed high metal concentrations with up to 8087 $\mu\text{g g}^{-1}$ Cu and 2084 $\mu\text{g g}^{-1}$ Zn. Additional to soil also samples from different waste material and bedrock were taken. The samples from the freshwater tideland were taken to a depth of 36 cm in 2-cm intervals. The sediment showed elevated metal concentrations with up to 300 $\mu\text{g g}^{-1}$ Cu and 2100 $\mu\text{g g}^{-1}$ Zn.

Source identification: Copper stable isotopes were not suitable to trace sources of Cu. In Kropachy the $\delta^{65}\text{Cu}$ values showed only little variation (-0.12 to 0.36‰) and overlapped in soils, bedrock, and most wastes and also in the sediments no indication for different Cu sources was identified. In the opposite, the $\delta^{66}\text{Zn}_{\text{IRMM3702}}$ values had lighter isotope signals in ash (-0.41‰) and organic horizons (-0.85 to -0.32‰) compared to bedrock (-0.28‰) and slag (0.18‰), which is likely caused by fractionation of Zn isotopes during evaporation and can be used for source identification. In the sediment, $\delta^{66}\text{Zn}$ showed only very minor variation within the analytical error.

Biogeochemical fate of Cu and Zn: In the soil profiles at the Slovakian Cu smelter depth gradients of $\delta^{65}\text{Cu}$ and $\delta^{66}\text{Zn}$ were different. The $\delta^{65}\text{Cu}$ values became lighter down to a depth of 0.4 m, probably because of reactions between Cu species in soil solution and reactive surfaces during transport of smelter-derived Cu. This behavior might make Cu stable isotopes suitable to estimate Cu transport in soils. Relating the leaching depth to the operating time of the smelter we calculated a mean leaching rate of ca. 0.0067 m yr^{-1} . In contrast, Zn isotope ratios shifted to heavier $\delta^{66}\text{Zn}_{\text{IRMM3702}}$ values with depth. Main variations of $\delta^{66}\text{Zn}_{\text{IRMM3702}}$ values occurred in the organic horizons and are probably caused by biogeochemical cycling in the plant-soil system. In the mineral soil, variations in $\delta^{66}\text{Zn}$ values were only minor and probably caused by mixing of smelter-derived Zn with native Zn in the soil.

In the sediment, $\delta^{65}\text{Cu}$ values became heavier with increasing depth, down to ca. 10 cm. This is the depth which is still subject to changing redox conditions. At greater depth redox potentials (Eh) change to permanently negative values and nearly all Cu occurred in oxidizable fractions (e.g., sulphides). The trend of $\delta^{65}\text{Cu}$ values to become heavier in the area of changing redox conditions as well as the fluctuating $\delta^{65}\text{Cu}$ values in the reduced sections of the sediment might be attributable to formation of various reduced Cu species.

Bigalke, M., Weyer, S., and Wilcke, W., 2010a. Stable copper isotopes: A novel tool to trace copper behavior in hydromorphic soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74, 60-73.

Mattielli, N., Petit, J. C. J., Deboudt, K., Flament, P., Perdrix, E., Taillez, A., Rimetz-Planchon, J., and Weis, D., 2009. Zn isotope study of atmospheric emissions and dry depositions within a 5 km radius of a Pb-Zn refinery. *Atmos. Environ.* 43, 1265-1272.

Sivry, Y., Riotte, J., Sonke, J. E., Audry, S., Schafer, J., Viers, J., Blanc, G., Freydier, R., and Dupre, B., 2008. Zn isotopes as tracers of anthropogenic pollution from Zn-ore smelters in the Riou Mort-Lot River system. *Chem. Geol.* 255, 295-304.

PSM-Beurteilung für Böden: EFSA Opinions

*Otto Daniel, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-8820 Wädenswil,
otto.daniel@acw.admin.ch*

*Simon Spycher, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-8820 Wädenswil,
simon.spycher@acw.admin.ch*

Die heutige Risikobeurteilung geht davon aus, dass ein gesprühtes PSM sich gleichmässig in den oberen 5 cm eines Bodens verteilt und Organismen mit der Gesamtkonzentration in Kontakt kommen. Die Tests zur Bestimmung der Toxizität erfolgen mit „Stellvertreter“-Arten in einem künstlich hergestellten Boden oder zielen auf die Erfassung von Prozessen. Die EFSA hat in einer öffentlichen Umfrage eruiert, welche Verbesserungen im Hinblick auf eine neue Richtlinie „terrestrische Ökotoxikologie“ nötig sind. Ein Panel von Experten hat sich zu den wichtigsten Kritikpunkten in sogenannten „scientific opinions“ und „scientific reports“ geäußert und sieht in folgenden Aspekten Möglichkeiten die Risikobeurteilung zu verbessern:

- A) Die Konzentration eines Wirkstoffes kann als totaler Gehalt im Boden oder als Konzentration im Porenwasser angegeben werden. Für im Porenwasser lebende (Fadenwürmer) oder intensiv damit in Kontakt stehende Bodentiere (Regenwürmer) sind wahrscheinlich primär Wirkstoffe im Porenwasser relevant für die Exposition. Durch eine Modellierung der Konzentration im Porenwasser in verschiedenen Böden könnte die Exposition der Tiere besser berechnet und die Risiken genauer abgeschätzt werden. Aber es ist noch unklar, wie dieses Konzept für verschiedene Tiere eingesetzt werden soll.
- B) Für die 3 Zonen der EU (Norden, Zentrum und Süden) sollen realistische „worst-case“ Szenarien entwickelt werden. Diese sollen das 90te räumliche Perzentil (aber das Maximum im zeitlichen Verlauf) in der Fläche des PSM Einsatzes pro Kultur vorhersagen. Neben der räumlichen Variabilität der Böden beeinflusst die Unsicherheit bei den Parametern DT50, Koc und Lagerungsdichte die Vorhersage. Was die Unterscheidung in totale Konzentration und Porenwasserkonzentration betrifft werden im Norden höhere Total-Konzentrationen als im Süden erwartet, während beim Porenwasser eher im Süden hohe Konzentrationen berechnet wurden.
- C) In mehrjährigen landwirtschaftlichen Kulturen (Obstbau, Weinbau) aber auch in annuell genutzten Böden gibt es oft eine Streuschicht (pflugloser Anbau, Zwischenreihen, ...). Bei einer PSM-Behandlung bleibt ein grosser Teil der PSM, welche auf den Boden gelangen, vorerst in der Streuschicht. Die Streuschicht unterscheidet sich vom mineralischen Boden bezüglich Umweltfaktoren, Qualität des organischen Materials und Organismen. Deshalb wird empfohlen Tests anzupassen / neu zu entwickeln, sowie ein spezifisches Verfahren für die Risikoabschätzung in der Streu zu konzipieren.
- D) Es sollen Karten mit Öko-Regionen basierend auf Boden- und Klimakarten und den Lebensformen von Bodentieren erstellt werden. Berücksichtigt wird beispielsweise das Vorkommen von
 - a) Regenwürmern: epi-, endogäisch, anözisch;
 - b) Enchytraeiden: Streu, intermediär, Boden;
 - c) Collembolen: epigäisch, hemi-, euedaphisch;
 - d) Asseln: Trichoniscidae, andere.

Bei Regenwürmern und den Enchytraeiden zeigten sich deutliche Unterschiede (Finnland, Deutschland, Portugal). Eine Schlussfolgerung war, dass die Streu und die Schicht 0-1 cm in vielen Teilen Europas relevanter für eine PSM Beurteilung ist als die heute berücksichtigte Schicht von 0-5 cm.

Die Richtlinie der EFSA zur terrestrischen Ökotoxikologie wird basierend auf den EFSA Opinions und Reports im Jahr 2011 revidiert.

**Analysis of glyphosate and AMPA in several matrixes
using SPE-LC-MS/MS and their environmental fate
in two calcareous vineyard parcels of western Switzerland**

Daouk, S., Grandjean, D., De Alencastro, L.-F., Chèvre, N., Pfeifer, H.-R

Force de traction, patinage et consommation de carburant en grandes cultures

Etienne Diserens¹⁾, *etienne.diserens@art.admin.ch*

Andrea Battiato¹⁾, *andrea.battiato@art.admin.ch*

Jacob Heusser¹⁾, *jacob.heusser@art.admin.ch*

Isidor Schiess¹⁾, *isidor.schiess@art.admin.ch*

Abdallah Alaoui²⁾, *alaoui@giub.unibe.ch*

¹⁾Agroscope ART, Reckenholz-Tänikon, CH – 8356 Ettenhausen

²⁾Département de Géographie, Université de Berne, Hallerstr. 12, CH - 3012 Berne

Le pneumatique est l'organe du tracteur transmettant au sol la force de traction nécessaire avec comme effet secondaire inévitable le patinage. L'efficacité de l'effort (qualité, rapidité) pour un tracteur d'une puissance donnée va dépendre de plusieurs facteurs allant des propriétés du pneumatique, à celles des charges et du sol. Les recommandations généralement évoquées optent pour l'usage de pneumatiques larges et une faible pression de gonflage. Dans un contexte agricole se voulant performant dans lequel les agricultures de précision et de qualité durable prennent une place toujours plus importante, les recommandations d'ordre général restent insuffisantes. A partir de mesures systématiques in situ, l'étude vise ici à proposer un module supplémentaire à l'outil informatisé TASC (Tyres/Tracks And Soil Compaction) se focalisant sur i) la force de traction et le patinage, ii) les risques d'altération du sol en surface et iii) les besoins en énergie. Ce module opère à deux niveaux: i) agronomique d'abord, permettant à l'agriculteur d'équiper son tracteur et ses charges de manière optimale pour un travail de traction ceci dans des conditions définies, ii) écologique ensuite en protégeant le sol et l'atmosphère.

Les mesures effectuées sur le terrain regroupent à ce jour cinq parcelles (prairie sur limon sec et dur, chaume de blé sur limon sec et lâche, chaume de maïs sur argile limoneuse, sur sable et sur silt humides). La force de traction et le taux de patinage ont été mesurés avec un total de cinq tracteurs (36 kW, 65 kW, 73 kW, 110 kW, 123 kW) soumis à des charges et des pressions de gonflage différentes. Deux tracteurs (65 kW et 73 kW) ont été équipés également de roues jumelées à l'avant et à l'arrière ceci pour évaluer l'influence de la taille du pneumatique sur la force de traction et le patinage. Un même tracteur (65 kW) servant de référence a été engagé sur toutes les parcelles. Avec un régime de moteur défini (1700 tr min⁻¹, couple maximum), la consommation de carburant soumise à différentes forces de traction a été mesurée avec le tracteur de référence. Les propriétés physiques (humidité) et mécaniques du sol (paramètres de friction, de cohésion, de cisaillement) ont été relevées in situ avec sondes TDR, tensiomètres et bévamètre.

Qu'une partie des résultats ne sont présentés à ces journées. On y signalera i) l'importance prédominante du poids du tracteur, de la pression de gonflage et du sol pour un travail de traction, ii) la vulnérabilité conjuguée du sol en surface et en profondeur lors d'un travail de traction, iii) une consommation optimale de carburant se situant généralement en-dessous de 20% de patinage, iv) la nécessité de réduire la charge du tracteur pour de faibles tractions requises, v) la nécessité de réduire la pression des pneumatiques pour des tractions élevées.

Pour le modèle de calcul, se référer à la contribution d'Andrea Battiato* figurant dans ce même document.

*BATTIATO A., DISERENS E. 2011. Predicting topsoil damage from slip of tractor tyres. BGS, Jahrestagung 2011.

Projet soutenu par l'Office fédéral de l'environnement (fond d'encouragement aux technologies environnementales) et par la Maison Michelin

Vollzug des physikalischen Bodenschutzes im Aargauer Wald

Andreas Freuler, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf,
andreas.freuler@wsl.ch

Peter Lüscher, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf,
peter.luescher@wsl.ch

Peter Ammann, Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abt. Wald,
Entfelderstrasse 22, CH-5001 Aarau, *peter.ammann@ag.ch*

Physikalischer Bodenschutz ist seit längerem ein Thema in der Waldwirtschaft. Die beteiligten Akteure sind sich einig, dass das Auftreten des als Bodenschaden deklarierten Spurtyps 3 vermieden werden soll. Wie dies sinnvoll erreicht werden kann und welche Massnahmen möglich und nötig sind, wird kontrovers diskutiert.

Die Abteilung Wald des Kantons Aargau hat dazu im 2008 das Projekt "Bodenschutz im Wald" gestartet. Dieses Projekt läuft bis 2011 und beinhaltet drei Stossrichtungen:

- Ausbildung / Sensibilisierung aller Akteure
- Erarbeiten und Bereitstellen von Grundlagen
- Unterstützung der Förster bei der Umsetzung

Die Sensibilisierung und Ausbildung wird vom Kanton organisiert und von den Forschungseinheiten Waldböden und Biogeochemie sowie Waldressourcen und Waldmanagement der WSL unterstützt. Mehr als die Hälfte des Aargauischen Forstpersonals hat dazu bereits einen Kurs besucht, weitere Kurse für die übrigen Forstangestellten finden im Juni dieses Jahres statt. In diesen Kursen werden folgende Themen behandelt und mit den Teilnehmern diskutiert:

- Auswirkungen der Befahrung auf den Wald sowie die für den Bodenschutz und das Verdichtungsrisiko relevanten Bodeneigenschaften
- Maschinen- und Verfahrenstechnik im Hinblick auf die Bodenschonung
- Kosten- / Nutzenverhältnis von Bodenschutzmassnahmen
- Planung und Dokumentation einer bodenoptimierten Feinerschliessung.

Als Hilfsmittel für die Planung der Feinerschliessung - eines der Hauptziele des Projektes - wurde durch die Forschungseinheit Waldböden und Biogeochemie der WSL das Verdichtungsrisiko der Aargauer Waldböden ermittelt. Die Ergebnisse wurden den Forstbetrieben von der Abteilung Wald im Rahmen vom AGIS als Web-Service zur Verfügung gestellt.

In einem Pilotversuch wurde zudem die GPS- und GIS-unterstützte Optimierung der Feinerschliessung getestet. Der Aufwand für die Erfassung der vorhandenen Spuren, das Bereinigen der Rückegassenanlage, die Übertragung und Markierung der definitiven Feinerschliessung im Wald sowie die Dokumentation auf einer Karte beläuft sich auf 2 – 5 Stunden/ha.

Als Ansprechperson in Bodenschutzfragen und zur Unterstützung der Förster bei der Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse wurde an der Abteilung Wald eine Stelle besetzt.

Durch die Kombination der drei Stossrichtungen und mit dem Einbezug aller Akteure in das Projekt konnte eine Möglichkeit für einen erfolgreichen und praktikablen Bodenschutz im Wald aufgezeigt werden.

Austauschereigenschaften von Waldböden: Methodenvergleich zur Kostenoptimierung

Ubaldo Gasser, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich, 8090 Zürich, ubald.gasser@bd.zh.ch

Andreas Gubler, Geografisches Institut, Universität Bern, 3012 Bern, gubler@giub.unibe.ch

Ingrid Hincapié, Geografisches Institut, Universität Bern, 3012 Bern, ia.hincap@gmail.com

Dimitrios-Alexios Karagiannis, Stat. Seminar, ETH, 8092 Zürich, alexiosk@student.ethz.ch

Cornelia Schwierz, Stat. Seminar, ETH, 8092 Zürich, schwierz@stat.math.ethz.ch

Stephan Zimmermann, WSL, 8903 Birmensdorf, stephan.zimmermann@wsl.ch

Die Versauerung der Waldböden, und der damit einhergehende Schwund der Bodenfruchtbarkeit, ist in der Schweiz flächenbezogen eines der wichtigen Probleme des Bodenschutzes. Auch im Kanton Zürich sind viele Flächen von der verstärkten Waldbodenversauerung betroffen.

Um Gegenmassnahmen planen zu können, sollen die Zürcher Waldböden unter Berücksichtigung des Versauerungszustandes kartiert werden. Eine Abklärung zeigte, dass bodenchemische Analysen einen wesentlichen Kostenfaktor der Kartierung darstellen werden.

Wir prüften deshalb an Böden der kantonalen Bodenüberwachung Zürich, ob sich „alternative“ günstige Methoden für die Bestimmung der Austauschereigenschaften eignen, um die Kosten der Analytik zu senken. Die Ergebnisse sind mindestens teilweise ermutigend wie das Beispiel der effektiven Kationenaustauschkapazität zeigt.

Appréciation du risque d'érosion des sols agricoles et proposition de mesures de lutte

Sébastien Gassmann, AGRIDEA, 1006 Lausanne, sebastien.gassmann@agridea.ch

Dans les zones agricoles, l'érosion emporte les éléments fertiles du sol de manière insidieuse et parfois d'une façon spectaculaire lors d'événements pluvieux intenses ou répétés. Une lutte efficace avec des mesures appropriées à chaque cas permet d'atténuer les dégâts. Une cartographie des zones pouvant être soumises à de l'érosion devrait faciliter dans le temps les interventions et leurs planifications.

L'objectif de ce travail a été de comparer deux méthodologies d'appréciation du risque d'érosion des sols agricoles par l'intermédiaire de programmes informatiques. La première méthode a été développée par l'Ecole d'Ingénieurs de Changins. Elle se base sur des paramètres tels que la pente ou la longueur de pente qui selon différents critères et selon la pondération des résultats peut apporter un risque potentiel d'érosion sur une parcelle donnée. La deuxième méthode a été développée par le Centre of Development and Environment de l'Université de Berne, en collaboration avec la station fédérale de recherche en agronomie de Reckenholz. Cette méthode se base aussi sur la pente et la longueur de pente, mais également sur le régime pluviométrique et le type de sol. Les différents facteurs sont multipliés pour donner un risque potentiel d'érosion par MNT de 2x2m, donc sous la forme de pixel.

Ces deux cartes modélisées ont été comparées avec un diagnostic terrain de l'érosion de la zone d'étude afin de finaliser au mieux la modélisation du risque d'érosion.

Les résultats des deux cartes montrent de grandes similitudes entre les risques potentiels calculés et le diagnostic terrain. Elles prouvent qu'une utilisation efficace de ces cartographies par des conseillers agricoles ou directement par les agriculteurs, peut être une aide pour la gestion des mesures sur un bassin versant.

Un deuxième objectif pour ce travail a été la création d'un catalogue de mesure sous forme de guide technique afin de permettre aux agriculteurs de trouver la solution optimale pour lutter efficacement contre l'érosion sur une parcelle soumise régulièrement à ce problème. Ces fiches proposent des solutions efficaces lors de l'assolement, de la préparation de sol, du semis, de l'entretien des cultures, de l'amendement, etc. Elles prennent également en compte des mesures de génie biologique ou de génie civile qui doivent compléter les mesures prises par les agriculteurs aux champs.

L'application de plusieurs mesures selon, d'une part les connaissances du terrain, mais également selon la cartographie du risque potentiel d'érosion a permis de mettre en place de manière judicieuse une proposition de plan de lutte pour l'ensemble d'un bassin versant.

Win⁴: Mehrwert für die Nachhaltigkeitsdimensionen Ökonomie, Soziales, Stoffflüsse und Biodiversität durch überbetriebliche landwirtschaftliche Bodennutzung

*Flavia Geiger, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Schloss, Postfach,
8820 Wädenswil, flavia.geiger@acw.admin.ch*

Hans Ulrich Gujer, Bundesamt für Umwelt BAFU, 3003 Bern, hans.gujer@bafu.admin.ch

*Anna Crole-Rees, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Schloss, Postfach,
8820 Wädenswil, anna.crole-rees@acw.admin.ch*

*Otto Daniel, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Schloss, Postfach,
8820 Wädenswil, otto.daniel@acw.admin.ch*

Eine nachhaltige und auf den Markt ausgerichtete landwirtschaftliche Produktion soll einen wesentlichen Beitrag leisten zur

- (a) sicheren Versorgung der Bevölkerung;
- (b) Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen und zur Pflege der Kulturlandschaft;
- (c) dezentralen Besiedlung des Landes.

Um diese Aufgaben unter sich verändernden Rahmenbedingungen auch in Zukunft erfüllen zu können braucht es eine ökonomisch, sozial und ökologisch nachhaltige Landwirtschaft.

Win⁴ ist eine Vision, welche beinhaltet, dass durch eine überbetriebliche Landnutzung ein Mehrwert für die Dimensionen Ökonomie, Soziales, Stoffflüsse und Biodiversität entsteht. Dadurch wird die Nahrungsmittelproduktion auf einem hohen Niveau bleiben, werden die Umwelt- und Biodiversitätsziele erreicht und wird die Konkurrenzfähigkeit des Schweizer Pflanzenbaus unter liberalisierten Marktbedingungen gestärkt.

Beispiele für den Mehrwert durch eine überbetriebliche Kooperation auf ökonomischer Ebene sind tiefere Fixkosten durch eine bessere Auslastung der Maschinen, tiefere variable Kosten durch den gemeinsamen Einkauf von Produktionsmitteln und eine höhere Produktivität durch Skaleneffekte. Die soziale Nachhaltigkeit kann u.a. durch mehr Freizeit, bzw. freigesetzte Arbeitszeit und eine tiefere (körperliche) Arbeitsbelastung verbessert werden. Eine flexiblere Flächeneinteilung im Rahmen einer überbetrieblichen Landnutzung ermöglicht die Optimierung der Fruchtfolgen und eine angepasste Bewirtschaftung von Flächen mit erhöhtem Risiko für Erosion und die Abschwemmung und Auswaschung von Stoffen. Ein Mehrwert für die Biodiversität entsteht durch eine standortangepasste Bewirtschaftung der ackerbaulichen Risikoflächen, eine reduzierte Umweltbelastung und ökologische Ausgleichsflächen von hoher Qualität.

Das Kernprojekt Win⁴ soll aus einigen Fallbeispielen bestehen, in welchen das Optimierungspotential der überbetrieblichen Landnutzung in den vier Dimensionen untersucht wird. In Zusammenarbeit mit den beteiligten Betriebsleitern sollen durch Forschende und landwirtschaftliche Berater Pläne für die Optimierung der vier Dimensionen erstellt, koordiniert und ausgeführt werden. Dabei sollen diverse bestehende Instrumente und Methoden zur Optimierung der Nachhaltigkeit (z.B. Erosionsrisikokarten, Bodeneignungskarten, betriebswirtschaftliche Software, Merkblätter) angewendet und evaluiert werden. Dies geschieht durch den Vergleich von Indikatoren in den vier Dimensionen vor und nach der überbetrieblichen Landnutzung. Als Output soll Win⁴ anwendbare Instrumente für Betriebsleiter und Berater, und Empfehlungen für die Agrarpolitik liefern.

Komplexe Reliefgliederung für die modellgestützte Vorhersage von Waldbodeneigenschaften in der Nordwestschweiz

Philipp Herbst,¹ *herbst@phygeo.uni-hannover.de*

Jens Groß,¹ *gross@phygeo.uni-hannover.de*

Uwe Meer,¹ *meer@phygeo.uni-hannover.de*

Thomas Mosimann,¹ *mosimann@phygeo.uni-hannover.de*

¹*Leibniz Universität Hannover, Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie, Schneiderberg 50, D-30167 Hannover,*

Das Relief ist einer der Schlüsselfaktoren bodenbildender Prozesse und der standörtlichen Ausprägung von Bodenmerkmalen. Die GIS-gestützte Anwendung komplexer Reliefgliederungsverfahren bildet deshalb eine elementare Grundlage für die räumliche Differenzierung der Entwicklung, Ausbildung und Verbreitung von Bodeneigenschaften.

Vorrangiges Ziel der Analysen ist die Modellierung geomorphometrischer und geomorphographischer Reliefeigenschaften des Meso- und Mikroreliefs mit jeweils relativ homogenem Prozessgeschehen. Basierend auf einer zweistufigen hierarchischen Reliefgliederung, erfolgt die Kombination und Klassifikation der kontinuierlich-variiierenden geomorphometrischen Merkmalsausprägungen und hydrologischer Kennwerte des Reliefs zu neunzehn diskreten geomorphographischen Reliefeinheiten.

Im Rahmen des verwendeten Modellansatzes, sind automatisierte Reliefklassifizierungsverfahren in den heterogen ausgestatteten Landschaftsräumen des Untersuchungsgebietes zu ungenau. Die Hierarchie und Abgrenzung der Reliefeinheiten erfolgt deshalb abgestimmt auf das jeweils landschaftstypische Formeninventar. Rund 450 Waldbodenprofile bilden die Grundlage für die empirisch-statistische Ermittlung von Schwellenwerten für die Abgrenzung der Reliefeinheiten unter Berücksichtigung der spezifischen pedologischen und geomorphologischen Prozessbedingungen. Die pedogenetisch relevanten Unterschiede der Reliefeinheiten zeigen im Untersuchungsgebiet einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Verbreitungssystematik der Waldbodeneigenschaften und des standörtlichen Wasserhaushalts. Sie werden als Vorhersagegrößen (Prädiktoren) in die Prognosemodelle für die Bodeneigenschaften Gründigkeit, Skelettgehalt, Vernässung, Versauerung und Wasserspeichervermögen integriert.

Die Reliefeinheiten und deren Hierarchie sind auf die modellgestützte Ableitung der Bodeneigenschaften abgestimmt. Beim verwendeten Modellansatz handelt es sich um regelbasierte Vorhersagemodelle (classification trees), in denen empirisch-statistische ermittelte Zusammenhänge zwischen Standort-eigenschaften und den Bodeneigenschaften mit Expertenwissen kombiniert werden. Da eine solche Modellierung mit Unsicherheiten behaftet ist, werden konzeptionell neue Vorhersagekarten erstellt, in denen neben einer Prognose der wahrscheinlichsten Ausprägung der Bodenmerkmale auch Aussagen zur Eintrittswahrscheinlichkeit der Informationen für die gesamte Waldfläche des Kantons Basel-Landschaft (rund 200 km²) enthalten sind.

Nitrate leaching from soils into groundwater in a restored section of the Thur River, Northeastern Switzerland

Benjamin Huber, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Boden-Biogeochemie, Zuercherstrasse 111 8903 Birmensdorf, benjamin.huber@wsl.ch

Jörg Luster, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Boden-Biogeochemie, Zuercherstrasse 111 8903 Birmensdorf, joerg.luster@wsl.ch

Stefano Bernasconi, ETH Zürich, Geologisches Institut, Sonneggstrasse 5, 8092 Zürich

Juna Shrestha, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Boden-Biogeochemie, Zuercherstrasse 111 8903 Birmensdorf

Elisabeth Graf Pannatier, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Boden-Biogeochemie, Zuercherstrasse 111 8903 Birmensdorf

In order to assess the effects of river restoration on water quality, the biogeochemical functions of restored river reaches have to be quantified. Of particular interest is the ability of riparian functional processing zones (FPZ) to remove nitrate from infiltrating river water or agricultural runoff. Processes involved are removal of nitrate by denitrification and immobilisation of nitrogen in plant or microbial biomass. On the other hand, mineralization followed by nitrification can lead to an increase in leachable nitrate. The latter process is fueled by the frequent input of fresh dissolved or particle bound organic matter, characteristic for temporarily flooded riparian zones. Furthermore, this high nutrient availability together with the homogenous soil profile are typical for a riparian zone and favor nitrification also at greater depth.

The objective of this study is to assess the nitrate leaching from soils into groundwater based on the nitrate concentration measured in the soil solution, total N input through sedimentation and atmospheric deposition, and the calculated water flow. The study is performed within a restored section of the Thur River (Canton Thurgau, Switzerland) and was part of the project RECORD of the ETH domain.

Apart from sampling river-, ground- and rainwater, soil solutions were collected in the unsaturated zone at three different depths (10, 50, 100 cm) and along two terrestrial transects following approximately the flow paths through different FPZs (river - gravel bar with fresh fine sediments and densely colonised by canary reed grass – older overbank sediments planted with willows during recent restoration – mixed riparian hardwood forest growing on older overbank sediments – side channel). Samples were collected biweekly from May to October 2009 and were completed by a seasonal sampling until April 2010 to assess the spatial and temporal variability of nitrate concentrations in the soil solution. During floods, the observations were intensified and artificial turf mats were used to quantify the input of soil organic matter through sedimentation.

Overall, the subsoil of the grass zone and the mixed forest acted as nitrate source compared to the river or groundwater and nitrate often exceeded the drinking water limit of 25 mg / L. By contrast, the willow bush zone was generally characterized by low nitrate concentrations, which was attributed to the low moisture content of the soil and a high potential denitrification rate. In this poster we present a mass balance for nitrogen in the soils of the different FPZs. In particular, we assess the nitrate leaching into groundwater based on the nitrate concentration in the soil solution and water fluxes in the unsaturated zone calculated with the CoupModel.

Tracing of ^{15}N in a mountain spruce forest: comparison of experimental data with the TRACE model

Kim Krause, Swiss Fed. Inst. for Forest Snow and Landscape Research (WSL), CH- 8903 Birmensdorf, Switzerland, kim.krause@wsl.ch

Isabelle Providoli, Centre for development and environment, University of Bern, CH-3012 Bern, Switzerland

William S. Currie, School of Natural Resources & Environment, University of Michigan, Ann Arbor, USA

Harald Bugmann, Forest Ecology, Swiss Fed. Inst. of Technology (ETH), CH-8092 Zurich, Switzerland

Patrick Schleppi, Swiss Fed. Inst. for Forest Snow and Landscape Research (WSL), CH- 8903 Birmensdorf, Switzerland

Despite numerous studies about nitrogen-cycling in forest ecosystems, many uncertainties remain, especially regarding the longer-term nitrogen accumulation. To contribute to filling this gap, the dynamic process-based model TRACE, with the ability to simulate ^{15}N tracer redistribution in forest ecosystems was used to study N cycling processes in a mountain spruce forest of the northern edge of the Alps in Switzerland (Alptal, SZ).

Most modeling analyses of N-cycling and C-N interactions have very limited ability to determine whether the process interactions are captured correctly. Because the interactions in such a system are complex, it is possible to get the whole-system C and N cycling right in a model without really knowing if the way the model combines fine-scale interactions to derive whole-system cycling is correct. With the possibility to simulate ^{15}N tracer redistribution in ecosystem compartments, TRACE features a very powerful tool for the validation of fine-scale processes captured by the model.

We first adapted the model to the new site (Alptal, Switzerland; long-term low-dose N-amendment experiment) by including a new algorithm for preferential water flow and by parameterizing of differences in drivers such as climate, N deposition and initial site conditions. After the calibration of key rates such as NPP and SOM turnover, we simulated patterns of ^{15}N redistribution to compare against ^{15}N field observations from a large-scale labeling experiment.

The comparison of ^{15}N field data with the modeled redistribution of the tracer in the soil horizons and vegetation compartments shows that the majority of fine-scale processes are captured satisfactorily. Particularly, the model is able to reproduce the fact that the largest part of the N deposition is immobilized in the soil. The discrepancies of ^{15}N recovery in the LF and M soil horizon can be explained by the application method of the tracer and by the retention of the applied tracer by the well developed moss layer, which is not considered in the model. Discrepancies in the dynamics of foliage and litterfall ^{15}N recovery were also observed and are related to the longevity of the needles in our mountain forest.

As a next step, we will use the final Alptal version of the model to calculate the effects of climate change (temperature, CO_2) and N deposition on ecosystem C sequestration in this regionally representative Norway spruce (*Picea abies*) stand.

Einfluss von Trockenstress und Lufterwärmung auf Wasserhaushalt, Temperaturregime und Wurzelwachstum von jungen Eichen

Thomas M. Kuster^{a,b}, Peter Bleuler^a, Matthias Arend^a, Madeleine S. Günthardt-Goerg^a, Rainer Schulin^b

^aEidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zürcherstr. 111,
CH-8903 Birmensdorf, Schweiz, thomas.kuster@wsl.ch

^bInstitut für terrestrische Ökosysteme ITES, ETH Zürich, Universitätstrasse 16, CH-8092 Zürich, Schweiz

In einem dreijährigen Lysimeterexperiment untersuchten wir, wie Jungbäume der drei wichtigsten Eichenarten der Schweiz (*Quercus robur*, *Q. petraea* and *Q. pubescens*) auf erhöhte Lufttemperaturen und längere Trockenperioden während der Vegetationszeit reagieren, welche von Klimaänderungsmodellen vorhergesagt werden. Um die Einflüsse auf Wasserhaushalt, Temperaturregime, Nährstoffbilanz und Pflanzenwachstum zu testen, wurden die Bäume in Mischbeständen vier verschiedenen Behandlungen (Kontrolle, Lufterwärmung (+2°C), Trockenstress (-40% Niederschlag), Kombination aus Lufterwärmung & Trockenstress) auf zwei verschiedenen Bodentypen, einem sandig-lehmigen kalkhaltigen und einem lehmig-sandigen sauren, jeweils vier Wiederholungen ausgesetzt.

Wie erwartet sanken die Bodenwasserpotentiale in den Behandlungen mit Trockenperioden auf viel tiefere Werte ab als in den Kontrollen. Als Folge des Wasserstress war auf den Böden mit Trockenperioden auch die Evapotranspiration deutlich niedriger. Dies führte aufgrund von fehlender Transpirationskühlung zu signifikant höheren Luft- und Bodentemperaturen. Die Behandlung mit 1 bis 2° C höheren Lufttemperaturen während den Sommermonaten hatte jedoch keinen Effekt auf den Wasserverbrauch der Bäume. Entsprechende Effekte wurden auch im Baumwachstum gefunden: Lange Trockenperioden reduzierten die Spross-, Blatt- und Wurzelbiomasse auf beiden Böden signifikant. Die Lufterwärmung hingegen hatte keinen Einfluss auf das ober- und unterirdische Wachstum. Trockengestresste Eichen investierten relativ gesehen mehr in das Wurzel- und weniger in das Sprosswachstum als Eichen mit genügender Wasserversorgung. In keiner der Behandlungen starben Bäume. Dies zeigt an, dass Eichen mit der Reduktion ihres Wachstums in der Lage sind, längere Trockenperioden ohne grösseren Schaden zu überdauern.

Wenn Wasser kein limitierender Faktor war, transpirierten die Eichen auf dem sauren Boden mehr Wasser und produzierten signifikant mehr Spross-, Blatt- und Wurzelbiomasse als auf dem kalkhaltigen, was zu entsprechend tieferen Bodenwasserpotentialen in den sauren Böden führte. Bei trocken-gestressten Eichen wurden keine Unterschiede im Wachstum und im Wasserverbrauch zwischen den beiden Böden festgestellt. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass ein anderer Faktor als die Wasserverfügbarkeit auf dem kalkhaltigen Böden limitierend war. Die bisher vorliegenden ersten Nährstoffanalysen deuten aber auf einen Manganmangel auf diesem Boden hin.

Die Ergebnisse zeigen an, dass die ausgedehnten Trockenperioden, die mit dem globalen Klimawandel zu erwarten sind, eine grosse Herausforderung für Bäume in gemässigten Wäldern sein werden. Im Vergleich zu anderen Waldbäumen dürften Eichen, die für ihre relativ hohe Trockenresistenz bekannt sind, aber den Vorteil haben, mit diesen zukünftigen Klimabedingungen besser auszukommen.

Hydrologische Parameter und Durchwurzelungssituation in Waldböden der Voralpen

Benjamin Lange, Peter Lüscher, Karin Allenspach, Eva-Maria Stimm,
Forschungseinheit Waldböden und Biogeochemie, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf,
benjamin.lange@wsl.ch, peter.luescher@wsl.ch, karin.allenspach@wsl.ch
Rolf Weingartner, Peter F. Germann,
Geographisches Institut, Universität Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern,
weingartner@giub.unibe.ch, germann@giub.unibe.ch
Jean-Jaques Thormann, Kaspar Zürcher, Fachgruppe
Gebirgswald und Naturgefahren SHL Zollikofen, Länggasse 85, 3052 Zollikofen,
jean-jaques.thormann@bfh.ch, kaspar.zuercher@bfh.ch

Im Rahmen dreier Projekte wurden im Gantrischgebiet in den Berner Voralpen Untersuchungen zur Bodenhydrologie, zur Durchwurzelungssituation sowie zum Bestandesaufbau unterschiedlicher Waldstandortstypen durchgeführt. Generell wird die Hochwasserschutzfunktion der Wälder untersucht. Im Zentrum steht dabei der Einfluss von Wurzeln auf das Porensystem und damit auf die bodenhydrologische Prozesse vernässter Waldböden auf Flyschstandorten. In allen Projekten wurden einerseits Kleinflächen (1 m²) mit hoher Intensität (70 mm/h) während einer Stunde beregnet und der volumetrische Wassergehalt horizontweise erfasst und andererseits Daten zur Durchwurzelung und zum Bodenaufbau erhoben. Anhand zweier Poster werden diese drei Projekte und die wichtigsten (z.T. vorläufigen) Erkenntnisse dargestellt.

Projekt 1: Einfluss von Baumwurzeln auf bodenhydrologische Prozesse

(COST Aktion E38, Woody Root Processes, 2006-2010). In einem Tannen-Fichtenwald auf rund 1000 m ü. M. wurden Beregnungsexperimente durchgeführt und untersucht, wie weit die Infiltration von der Wurzel-dichte beeinflusst wird. Grundsätzlich konnte nachgewiesen werden, dass höhere Wurzel-dichten die Infiltration erhöhen. Dieser Zusammenhang konnte aber nur bei hohen Bodenfeuchten und in nicht-vernässten Oberböden (Ah) sowie in hydromorphen Horizonten (z.B. Go) nachgewiesen werden, nicht aber in verbrauchten Horizonten (B). Um die Schutzwirkung zu maximieren, sollen deshalb tiefwurzelnde Baumarten, die teilweise anaerobe Bedingungen ertragen (z. B. Weissstanne), gefördert werden.

Projekt 2: Wasserhaushalt und Durchwurzelung gehemmt durchlässiger Waldböden in Abhängigkeit des Bestandesaufbaus

(COST Projekt FP 0601, Forest management and the water cycle, 2009-2012). In diesem Projekt wird versucht, die Erkenntnisse, welche im ersten Projekt am Punkt gewonnen wurden, auf die Fläche zu übertragen. Im Fokus stehen dabei wiederum die Bodenhydrologie sowie die Durchwurzelungssituation in einem Heidelbeer-Tannen-Fichtenwald (1200 m ü. M.), wobei auch der Einfluss des Bestandes (Baumarten, Struktur) mit einbezogen wird. Anhand eines Gradienten zwischen zwei Bäumen konnte gezeigt werden, dass die Durchwurzelungsdichte mit dem Bodenaufbau weitgehend einhergeht. Zudem wurde eine Bodenrasterkarte (10 m x 10 m) erstellt. Aufgrund der Zusammenhänge zwischen den bodenhydrologischen Parametern, der Durchwurzelung sowie den bodenmorphologischen Eigenschaften lassen sich mit Hilfe der Kartierung Aussagen über das hydrologische Verhalten auf Bestandesebene tätigen.

Projekt 3: Auswirkungen klimatisch bedingter Veränderungen der Baumartenzusammensetzung auf die Durchwurzelungssituation und bodenhydrologische Prozesse in Waldböden

(Wald und Klimawandel, 2010-2011). Es wird erwartet, dass die Buche aufgrund des Temperaturanstieges infolge des Klimawandels in höheren Lagen an Konkurrenzkraft gewinnt und Tannen sowie Fichten in Hochwasserschutzwäldern der entsprechenden Höhenstufen teilweise verdrängt. Mit Hilfe einer "Simulation" der erhöhten Temperatur durch einen Vergleich von Waldstandorten unterschiedlicher Höhenlagen kann abgeschätzt werden, wie sich die Hochwasserschutzwirkung dieser Wälder künftig verändern wird. In diesem Projekt werden sowohl bodenhydrologische Daten wie auch die Durchwurzelungssituation eines Waldsimen-Tannen-Buchenwaldes (900 m ü. M.), der die Tannen-Fichtenwälder vermutlich teilweise ersetzt wird, mit den Standorten der zwei anderen Projekte verglichen.

Towards a new generation of high-resolution meteorological input data for small-scale hydrologic modeling

Sophia Leimer, *Geographic Institute, University of Bern, Hallerstr. 12, 3012 Bern,*
sophia.leimer@giub.unibe.ch

Thorsten Pohlert, *Federal Institute of Hydrology (BfG), Department of General Water Quality Issues,*
Am Mainzer Tor 1, PO box 200253, 56002 Koblenz, pohlert@bafg.de

Stephan Pfahl, *Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zurich, 8092 Zürich,*
stephan.pfahl@env.ethz.ch

Wolfgang Wilcke, *Geographic Institute, University of Bern, Hallerstr. 12, 3012 Bern,*
wolfgang.wilcke@giub.unibe.ch

Current and future challenges of hydrologic sciences are to accurately predict and assess climate-driven impacts on water resources for the relevant scales of planning. However, process-based small-scale hydrologic modeling is data demanding and large uncertainties exist in data-sparse areas.

The aim of our study was to test the applicability of the COSMO-DE analysis data (COSMO-DE-A) for hydrologic modeling. COSMO-DE-A data are a new meteorological data set with high temporal and spatial resolution that originates from the German Weather Service data assimilation system using the COSMO-DE weather prediction model. We collected field parameters in a small (10 km²) mountainous catchment in the Upper Middle Rhine Valley (west Germany) to parameterize the static boundary conditions of the hydrologic model CATFLOW. We evaluated error components of hourly COSMO-DE-A fields in comparison to interpolated hourly meteorological station data (i.e. reference data), applied two bias-correction methods for precipitation (i.e. linear correction method and quantile-quantile mapping technique), calibrated (in a 36 ha large subcatchment) and tested (in another 48 ha large subcatchment) the CATFLOW model using the reference data for input, and compared stream flow predictions using uncorrected and bias-corrected COSMO-DE-A data for input on event and seasonal scale. Moreover, we compared soil moisture from COSMO-DE-A with values simulated by CATFLOW.

Relative error between COSMO-DE-A precipitation and interpolated precipitation is ca. 50%. Other climatic variables from COSMO-DE-A are almost unbiased. Nash and Sutcliffe efficiencies accounted for 0.83 and 0.33 for the simulated vs. observed stream flow of the calibration and test catchment, respectively. The use of uncorrected COSMO-DE-A precipitation leads to poor performances of the hydrologic model. In contrast, if either of both bias-correction methods is applied to COSMO-DE-A precipitation, predicted hydrographs and soil moisture are almost the same as if interpolated reference data is used. Soil moisture is simulated consistently by the independent models COSMO-DE-A and CATFLOW.

We conclude that COSMO-DE-A data are suitable for hydrologic modeling of longer periods (e.g. seasons), provided that bias correction of precipitation is done prior to model application. Further research is required to test the regional and temporal stability of bias-correction terms.

Bodenentwicklung auf Münstertaler Verrucano am NE-Abhang des Piz Turettas (Val Müstair)

*Oliver Leisibach, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wädenswil,
olle0001@students.zhaw.ch*

Rolf Krebs, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Wädenswil, krbs@zhaw.ch
Stephan Zimmermann, Eidg. Forschungsanst. WSL, Birmensdorf, stephan.zimmermann@wsl.ch

Im Rahmen der Standortkartierung der Wälder im Kanton Graubünden wurden im Münstertal in einer Sackungsmasse des Piz Turettas sehr saure Böden mit geringer Basensättigung und sehr heller, sandig-schluffiger Feinerde beschrieben. Die vorliegende Arbeit untersucht mit Hilfe von einfachen mineralogischen und nasschemischen Untersuchungsmethoden die Prozesse, welche zur Ausbildung dieser Böden führten und überprüft im speziellen die Hypothese der geomorphologischen Ablagerung von vorverwittertem Material aus dem sich sekundär die sehr sauren Böden bilden konnten.

Röntgendiffraktometrische Untersuchungen des Gesteins und der Feinerde zeigen eine sehr einseitige Zusammensetzung sowohl des Ausgangsgesteins wie auch der Feinerde im Bodenprofil. Die vorherrschenden Mineralien sind Quarz und Hellglimmer (Muskovit, Serizit, Illit), wobei keine grossen Unterschiede in der Mineralogie des Gesteins und der Feinerde bestehen. Diese spezielle Mineralogie mit dem Fehlen von eisenhaltigen Mineralen hat zur Folge, dass keine eigentliche Verbraunung stattfinden kann und die Feinerde eine charakteristisch helle, den Hellglimmern entsprechende Farbe aufweist.

Das Gestein ist vor allem physikalisch verwittert, chemisch hat kaum eine Mineralneubildung stattgefunden. Dadurch ist die Kationenaustauschkapazität der Feinerde entsprechend der Zusammensetzung aus Quarz und Hellglimmern sehr gering. Als Puffersubstanzen stehen vor allem Silikate zur Verfügung, deren Pufferrate jedoch sehr gering ist, weshalb die Böden stark versauert sind und eine geringe Basensättigung aufweisen. Das führt zur seltenen Kombination von relativ roher Bodenentwicklung und gleichzeitig starker Versauerung und geringer Basensättigung.

In der Sackungsmasse des Piz Turettas haben sich verschiedene Gesteinstypen vermischt. So fallen Zonen mit verbraunter Feinerde mitten in einer hellen Feinerdematrix auf. In einem entsprechenden Bodenausschnitt, in welchem diese braunen Zonen als Horizonte interpretiert werden können, verleitet dies zur Annahme von Podsolierungsprozessen. Der Grund für die unterschiedliche Feinerdefarbe liegt jedoch in der Zusammensetzung des Münstertaler Verrucanos aus zwei verschiedenen Formationen: der Ruina- und der Chazforà-Formation. Während die Chazforà-Formation praktisch keine eisenhaltigen Minerale enthält, sind in der Literatur Hinweise auf das Vorkommen von Hämatit und Biotit in Gesteinen der Ruina-Formation vorhanden. Auch unsere eigenen Röntgendiffraktogramme weisen Hämatit in den Feinerdeproben aus braunen Zonen nach.

Bei der Bodenbildung im Münstertaler Untersuchungsgebiet handelt es sich um eine rohe Bodenentwicklung aus nicht vorverwittertem Gestein des Münstertaler Verrucanos, das durch eine Sackung Ende der letzten Eiszeit am Fuss des Piz Turettas abgelagert wurde. Durch die Sackung wurden verschiedene Gesteinsformationen mit unterschiedlicher mineralogischer Zusammensetzung vermischt. Da die einseitige mineralogische Zusammensetzung der Feinerde eine geringe Pufferrate zur Folge hat, sind diese Rohböden bereits stark versauert und weisen eine geringe Basensättigung auf.

Einfluss der Probenaufbereitung auf die Bestimmung der Schwermetalle in Rebbergböden mittels mXRF

Lara Lüthy, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil, lalu0001.students.zhaw.ch
Ubaldo Gasser, Fachstelle Bodenschutz des Kantons Zürich, Zürich, ubald.gasser@bd.zh.ch
Rolf Krebs, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil, rolf.krebs@zhaw.ch

Viele aktuelle und ehemalige Rebberge der Schweiz sind durch jahrzehntelange Anwendungen von kupferhaltigen Pflanzenschutzmitteln und teilweise durch Einsatz von Kehrreichtklärschlamm-Kompost schwermetallbelastet. Gesetzlich vorgeschriebene Probenahme und Analytik sind aufwändig und teuer. Es stellt sich die Frage, inwiefern die kostengünstigere Vorortanalytik mit mobiler Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie (m-XRF) vergleichbare Resultate liefert und welche Rolle dabei die Probenaufbereitung spielt. Diese Fragestellung wurde in einer Zürcher Gemeinde in einem über 120 Jahre alten Rebberg, einem ca. 40 Jahre alten Rebberg und einer Wiesen-/Obstfläche, z. T. ehem. Rebfläche untersucht. Die Messungen mit dem mobilen XRF-Analyse-Gerät (Niton XL3t 600) wurden im Feld am feldfeuchtem sowie im Labor am luftgetrockneten <2mm gesiebten Probenmaterial durchgeführt. Ausgewählte Proben wurden zudem nach der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) mit 2 M HNO₃ aufgeschlossen und bestimmt (Totalgehalt).

Die Untersuchungen zeigten, dass die m-XRF-Messung von Frischerde in der Regel den Kupfergehalt im Vergleich zu den VBBo-Werten unterschätzt. Die m-XRF-Messung von lufttrockener Feinerde hingegen zeigte bei Blei, Kupfer und Zink vergleichbare Werte zur VBBo-Analytik. Der ältere Rebberg ist wesentlich stärker mit Kupfer (250-750mg/kg) belastet als der junge (unter 40 -350 mg/kg). In der Fläche des alten Rebberges sowie in einer Mischprobe der Obstfläche wurden zudem erhöhte Blei-, Cadmium-, Quecksilber- und Zinkgehalte festgestellt, verursacht vermutlich durch die Verwendung von Kehrreicht-Klärschlamm-Kompost.

Die Probenaufbereitung kann die mit m-XRF ermittelten Schwermetallgehalte massiv beeinflussen. Korrelationen mit den nach der VBBo Methode ermittelten Schwermetallgehalte können dadurch sehr unterschiedlich sein. Der Bodenwassergehalt und das inhomogene Probenmaterial haben dabei einen wichtigen Einfluss. Die mit m-XRF ermittelten Schwermetallgehalte sind nicht identisch mit den Totalgehalten nach VBBo. Eine Transformation der m-XRF-Werte ist stets notwendig. Die bis anhin durchgeführte Praxis einer m-XRF „Korrektur“ mit mindestens 6 VBBo-Analysen in verschiedenen Konzentrationsbereichen pro Untersuchungsgebiet wurde durch diese Untersuchung bestätigt.

Bodenkartierung Kanton Glarus

Claude Lüscher, cl@arcoplan-ennetbaden.ch
Stefan Zantop

Der Kanton Glarus ist gemäss Sachplan Fruchtfolgeflächen (SP FFF) verpflichtet, ein Kontingent von 200 ha Fruchtfolgeflächen nachzuweisen. Fruchtfolgeflächen (FFF) sind gemäss Bundesvorgabe ackerfähige Böden sowie Kunstwiesen in Rotation. Sie müssen mit Mitteln der Raumplanung langfristig gesichert werden. Der Kanton Glarus hat dies in einem noch bevorstehenden Richtplanänderungsverfahren nachzuholen.

Der Regierungsrat des Kantons Glarus hat daher Ende 2006 dem Büro ARCOPLAN, Ennetbaden, den Auftrag erteilt, die Grundlagen für eine Ausscheidung der Fruchtfolgeflächen zu erstellen.

Die von Bodenkartierungsfachleuten 2006-2009 kartierten Böden umfassten eine Fläche von rund 1000 ha potentiell ackerfähiger Böden, von der Linthebene um Bilten bis Haslen bei Schwanden. Die Böden wurden nach den vom Bund vorgegebenen Kriterien bewertet. Das wichtigste Kriterium, um eine Fläche als FFF zu bezeichnen, ist die pflanzennutzbare Gründigkeit. Diese muss mehr als 50 cm betragen. Flächen, die diesen Kriterien nicht entsprechen, gelten aus Sicht des Bundes nicht als FFF.

Das Resultat der Kartierung ergab ein Puzzle von zum Teil verstreuten, grösseren und kleineren Fruchtfolgeflächen. Es drängte sich auf, nahe beieinander liegende Flächen zu sinnvollen Einheiten zu gruppieren. Gebiete mit einem genügenden Anteil von Flächenstücken mit ausreichender Gründigkeit wurden als ‚FFF-Pakete‘ bezeichnet.

Zurzeit findet eine breite Anhörung zu der vom Kanton vorgeschlagenen Zuteilung von Landwirtschaftsfläche zu solchen Paketen bei der Bevölkerung statt. Ergebnisse sind auf Ende Jahr zu erwarten. Der Kanton erfüllt das FFF-Kontingent knapp.

Weitere Informationen unter:

http://www.gl.ch/xml_1/internet/de/application/d1256/d37/d260/d503/f1248.cfm

Quellen:

- Kanton Glarus: Aus den Verhandlungen des Regierungsrates vom 4. Januar 2011:

[Bulletin 01 vom 04 01 2011 Teil 2 \[PDF, 17.1 KB\]](#)

- Kanton Glarus, Departement Volkswirtschaft und Inneres: Abt. Landwirtschaft: Bodenkartierung Kanton Glarus 2006 – 2010; Erfassung der potenziellen Fruchtfolgeflächen FFF; Schlussbericht, ARCOPLAN Ennetbaden, Dezember 2010

Bodenverdichtung unter Fahrspuren - Stukturregeneration durch Bepflanzung mit *Alnus glutinosa*

*Christine Meyer, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL,
Zuercherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, christine.meyer@wsl.ch*

*Peter Lüscher, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Zuercherstrasse
111, CH-8903 Birmensdorf, peter.luescher@wsl.ch*

*Rainer Schulin, Institute of Terrestrial Ecosystems (ITES) ETH Zürich, Universitätsstrasse 22, CH-8092
Zürich, schul@env.ethz.ch*

In Folge des Sturms "Lothar" Ende 1999 und den anschliessenden Räumungsarbeiten mit schweren Forstmaschinen unter ungünstigen Bedingungen kam es im Schweizer Mittelland teilweise zu ausgeprägten Bodenverdichtungen unter Rückegassen. Um das Phänomen Bodenverdichtung und dessen Konsequenzen für Waldböden zu untersuchen, wurden 2000 von der WSL und einzelnen Kantonen "Lothar-Reservatsflächen" angelegt. An den Standorten Brüttelen (BE), Messen (SO) und Habsburg (AG) wurden 2003 im Rahmen dieses Projekts Regenerationsversuche initiiert. In stark geschädigten Bereichen wurden 2-jährige Schwarzerlensetzlinge direkt in die Fahrspuren gepflanzt um eine mögliche biologische Regeneration zu fördern. Zusätzlich wurden einige der Fahrspuren vor der Bepflanzung mit Kompost aufgefüllt. Als Referenz diente eine unbefahrene Fläche, welche ebenfalls bepflanzt wurde, sowie Fahrspuren ohne Bepflanzungsmassnahmen. Ziel des Projekts ist die Bewertung der Effektivität der Bepflanzungsmassnahmen auf den Regenerationsprozess durch Analyse biologischer sowie bodenphysikalisch-mechanischer Parameter.

2009 begannen, Untersuchungen zum Wurzelwachstum und der Regeneration der Bodenstruktur am Standort Habsburg. Beprobte wurden die Fahrspuren mit und ohne Kompost, die unbefahrene, beplante Referenzfläche, sowie ein Abschnitt der Fahrspur ohne Massnahmen. Vor ausgewählten Erlen wurden quer über die Fahrspur verlaufend Bodenprofile (0.8 m Tiefe und 1.50 m Breite) in verschiedenen Abständen zum Baum gegraben. Für jedes Profil wurde die Anzahl der Grob- und Feinwurzeln, Vernässungsmerkmale und die Aggregatstruktur mit einem 5 x 5 cm Raster aufgenommen. Darüber hinaus wurden für die bodenphysikalischen Analysen der Lagerungsdichte, Vorverdichtung und Luftleitfähigkeit, sowie des Porenraums Bodenproben in Burger-Zylindern (1000 cm³) entnommen.

Auf dem diesjährigen Poster wird die Arbeit konzeptionell dargestellt und die Ergebnisse der physikalisch-mechanischen Untersuchungen präsentiert.

Durch die Untersuchungen der Lagerungsdichte und des Porenraums konnte in den beplante Fahrspuren eine Verbesserung des Bodenzustands im Vergleich zu 2003 nachgewiesen werden, sowie die Tendenz der Annäherung an die Werte der unbefahrenen Referenzfläche, insbesondere durch die Bepflanzung ohne Kompostapplikation. Diese Tendenz liess sich auch durch die Untersuchungen der Luftleitfähigkeiten bestätigen. Besonders deutlich zeigte sich die durch die Bepflanzungsmassnahmen vorangetriebene Regeneration bei den Untersuchungen der Vorverdichtung. Fahrspuren mit Schwarzerlen wiesen ähnliche Werte wie die unbefahrene Referenzfläche auf während in der Fahrspur ohne Massnahmen diese Werte deutlich überschritten wurden.

Um die Effektivität der Massnahmen und somit die benötigte Zeitspanne des Regenerationsprozesses genauer beurteilen zu können wurde 2010 ein zweiter Standort (Messen) beprobt. Die Auswertung der dieser Erhebungen steht jedoch noch aus.

Die physiologische Aktivität von *Alnus glutinosa* auf verdichtetem Waldboden

Matthias Ofner, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, Grüental,
CH- 8820 Wädenswil, maof0001@students.zhaw.ch

Christine Meyer, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft WSL,
Zuercherstrasse 111, CH- 8903 Birmensdorf, christine.meyer@wsl.ch

Rolf Krebs, Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften ZHAW, Grüental,
CH- 8820 Wädenswil, rolf.krebs@zhaw.ch

Peter Lüscher, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft WSL,
Zürcherstrasse 111, CH- 8903 Birmensdorf, peter.luescher@wsl.ch

Ergänzend zum Projekt "Regeneration von mechanisch verdichtetem Boden unter Fahrspuren durch Sanierungsmassnahmen" sind Untersuchungen zur physiologischen Aktivität von Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) durchgeführt worden. Um verdichteten Waldboden unterhalb von Fahrspuren zu renaturieren, wurden 2003 auf der "Lothar-Reservatsfläche" Messen (SO) diese Baumart in stark geschädigte Fahrspuren gepflanzt. Ein Teil dieser Fahrspuren wurde zuvor mit Kompost aufgefüllt um den Renaturierungseffekt zu fördern. Die Untersuchungen zur physiologischen Aktivität dienten dem Zweck die Unterschiede zwischen den Behandlungen und ihren Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum näher zu beobachten, um eine weitere Beurteilung der Effektivität der Regenerationsmassnahmen treffen zu können.

Als Mass der physiologischen Aktivität bzw. Anpassung der Bäume an ihren jeweiligen Standort dienen Messungen der Photosyntheseraten (Lichtkurven), Chlorophyllanalysen (Blätter) sowie Untersuchungen des Interzellularvolumens (IZV) der Grobwurzeln. Vergleichend untersucht wurden Bäume in den Behandlungen Fahrspur mit und ohne Kompost, sowie Schwarzerlen auf einem unbefahrenen Referenzstandort.

Das IZV zeigte in der Tendenz eine Abnahme der Werte mit grösseren Entfernungen zur Stammbasis bei Erlen in den Fahrspuren mit und ohne Kompost. Die Werte in beiden Behandlungen lagen zwischen 5 und 10%. Bäume auf der Referenzfläche zeigten eine ähnliche Tendenz, waren aber durch den geringen Stichprobenumfang schwer interpretierbar.

Die Chlorophyllgehalte der Blätter in den Fahrspuren mit und ohne Kompost unterschieden sich mit $>400 \text{ mg/m}^2$ signifikant von den kleineren Werten der Bäume auf der unbefahrenen Referenz ($<250 \text{ mg/m}^2$).

Die photosynthetische Aktivität der Bäume auf den Fahrspuren (mit und ohne Kompost) war, unter Berücksichtigung der Messbedingungen, deutlich höher als die der Bäume auf der Referenzfläche, welche die kleinsten Netto-Photosyntheseraten zeigten.

Auf Grund dieser Aussagen kann geschlossen werden, dass die Bäume auf den Fahrspuren mit und ohne Kompost eine grössere physiologische Aktivität zeigen als die Bäume auf dem Referenzstandort. Einerseits spiegelt dies den Unterschied zwischen den Behandlungsflächen wieder, d.h. verdichteter / natürlich gelagerter Boden. Andererseits belegt dies die passende Baumartenwahl für die Regeneration, da der "Extremstandort Fahrspur" der Pionierpflanze Schwarzerle bessere Wachstumsbedingungen bietet als der unbefahrene Referenzstandort.

Arsenic in the different environmental compartments of Switzerland: an updated inventory after 15 years of research

Pfeifer, H.-R., Université de Lausanne

Machbarkeitsstudie Kartierung beitragender Flächen – Problem fehlender Bodendaten

Volker Prasuhn, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, volker.prasuhn@art.admin.ch

Nadine Konz, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, nadine.konz@bl.ch

Christian Stamm, Eawag, christian.stamm@eawag.ch

Martin Frey, Eawag, martin.frey@eawag.ch

Aus der wissenschaftlichen Literatur und aus Feldversuchen in der Schweiz ist bekannt, dass meistens nur ein kleiner Anteil an Flächen in einem Einzugsgebiet massgeblich zur Gewässerbelastung mit Sedimenten, Phosphor oder Pflanzenschutzmitteln beiträgt. Flächen sind dann sogenannte „beitragende Flächen“ (critical source areas), wenn sie hydrologisch aktiv sind, mit einem Gewässer verbunden sind und eine entsprechende Stoffquelle haben. Das Verlustpotential einer Fläche ist von den zeitlich weitgehend konstanten Standorteigenschaften Boden, Relief und Klima abhängig. Können beitragende Flächen identifiziert werden, lässt sich mit gezielten Massnahmen auf diesen Flächen eine effiziente Verminderung der Gewässerbelastung erreichen.

In diesem vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanzierten Projekt ging es darum, herauszufinden, ob die zur Gewässerbelastung beitragenden landwirtschaftlichen Nutzflächen mit einfachen Werkzeugen (Indices, Modelle) mit hinreichender Genauigkeit identifiziert werden können. Eine Literaturrecherche hat gezeigt, dass es verschiedene solcher Werkzeuge für Erosion, Phosphor und Pflanzenschutzmittel gibt. Ein Test auf verschiedenen Betrieben hat gezeigt, dass diese Werkzeuge praktikabel sind und zu weitgehend plausiblen Resultaten führen, wobei für die Erosion die besten Vorhersagen erzielt wurden. Die vorhandenen Daten erlauben jedoch nur bei der Erosion eine effektive Validierung der Resultate. Der limitierende Faktor für einen flächendeckenden Einsatz solcher Werkzeuge in der Schweiz sind hoch aufgelöste Bodeninformationen.

Schweizweit existiert digital nur die Bodeneignungskarte im Massstab 1:200'000. Diese Bodenhypothesenkarte ist für das Konzept der beitragenden Flächen weder von der räumlichen Auflösung noch von der inhaltlichen Qualität ausreichend. Eine Zusammenstellung verfügbarer oder in Arbeit befindlicher digitaler und analoger Bodenkarten im Massstab 1:5'000 zeigt, dass nur rund 120'000 ha digitale und zusätzlich 65'000 ha analoge Bodenkarten in diesem Massstab vorliegen. Damit sind nur 18% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (LN) der Schweiz bzw. 29% der LN im Talgebiet abgedeckt. Für weitere rund 185'000 ha liegen immerhin digitale oder analoge Bodenkarten im Massstab 1:10'000 bis 1:25'000 vor. Auch wenn in den kommenden Jahren alle analogen Karten und Bodenprofilblätter im Rahmen von NABODAT digitalisiert werden sollten, wird weiterhin ein grosses Defizit an hoch aufgelösten Bodendaten bestehen.

Wir haben grob abgeschätzt, was es kosten würde, flächendeckende Bodenkarten im Massstab 1:5'000 für die LN im Talgebiet sowie die LN der ganzen Schweiz zu erstellen. Dabei wurden die Kosten sowie der Zeithorizont sowohl für die klassische Feldkartierung als auch für Karten, die durch „digital soil mapping“ (inklusive Test- und Kalibrationsgebiete mit klassischer Feldkartierung) erstellt werden könnten, bestimmt. Voraussetzung ist die Datenaufbereitung aller bestehenden Daten im Rahmen von NABODAT sowie eine Pilotstudie zur digitalen Bodenkartierung.

Die Bereitstellung der notwendigen Bodendaten für die Vorhersage beitragender Flächen ist eine grosse Aufgabe und kann nicht losgelöst von der allgemeinen Diskussion über Bodendaten in der Schweiz, wie sie z.B. in der BGS und NABODAT derzeit geführt werden, betrachtet werden. Ein Vorschlag für ein mögliches Vorgehen wird in der Machbarkeitsstudie Kartierung beitragender Flächen aufgezeigt.

Lysimeterforschung an ART – dem Nitrat auf der Spur

Volker Prasuhn, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, volker.prasuhn@art.admin.ch

Ernst Spiess, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, ernst.spiess@art.admin.ch

Clay Humphrys, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, clay.humphrys@art.admin.ch

Christiane Vögeli Albisser, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, christiane.voegeli-albisser@art.admin.ch

Die Gruppe Gewässerschutz von Agroscope Reckenholz-Tänikon ART betreibt derzeit vier Lysimeteranlagen mit insgesamt 97 Gross-Lysimetern. Schwerpunkt sämtlicher Untersuchungen ist die Nitratauswaschung unter landwirtschaftlicher Nutzung. Dabei stehen praxisnahe Fragestellungen im Vordergrund. Die Resultate sollen dem Prozessverständnis, der Validierung von Modellen und der Ableitung von Empfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis dienen.

2009 wurde am Standort Reckenholz eine neue Lysimeteranlage mit insgesamt 72 Lysimetern in Betrieb genommen. Die Anlage enthält drei typische Ackerböden (Braunerde, Kt. BE; Parabraunerde, Kt. AG; pseudovergleyte Braunerde, Kt. ZH). Alle Lysimeterböden wurden monolithisch entnommen, haben eine Oberfläche von 1 m² und eine Tiefe von 1,5 m. 12 Lysimeter sind wägbare und mit jeweils vier verschiedenen Sonden (Temperaturfühler, FDR-Sonden, Tensiometer, Saugkerzen) in vier verschiedenen Tiefen (10, 30, 60 90 cm) in zweifacher Wiederholung ausgestattet; bei 60 Lysimetern wird nur die Sickerwassermenge und Nitratkonzentration gemessen. 16 verschiedene Verfahren wurden jeweils in dreifacher Wiederholung angelegt, vier davon auf drei verschiedenen Böden. Hauptfragestellungen sind: Einfluss der Höhe der N-Düngung, Cultan-Düngung versus N-Düngung in mehreren Gaben, Mulchsaat versus Pflug, Umbruchtermin und Dauer von Kunstwiesen und Zwischenkulturen, Gülledüngung im Winter, Bio versus ÖLN. Alle Versuche sind in typischen Fruchtfolgen über sieben Jahre geplant.

Auf der alten Lysimeteranlage am Standort Reckenholz (12 wägbare Lysimeter, zwei verschiedene Böden, 3,1 m² Oberfläche, 2,5 m tief, Inbetriebnahme 1980) wurde anfangs 2010 ein neues Projekt gestartet. Im Auftrag des BAFU wird der Einfluss von Klimawandel und Bewässerung auf die Grundwasserqualität untersucht. Die Lysimeteranlage wurde überdacht, um den Wasserhaushalt steuern und den Hitzesommer 2003 simulieren zu können. Drei Verfahren (Trockenstress, optimale Bewässerung, übermässige Bewässerung) werden während drei Jahren mit Mais, Kartoffeln und Gemüse verglichen.

Am Standort Tänikon wurden 2008 die sechs von T. Anken gebauten Feldlysimeter von uns übernommen (1 m² Oberfläche, 1,5 m tief, tiefgründige Parabraunerde, Baujahr 1998). Diese Lysimeter befinden sich im Feld und können maschinell bearbeitet werden. Hier wird der Einfluss der Bodenbearbeitung (Pflug versus Direktsaat) auf die Nitratauswaschung untersucht. Drei zusätzliche Lysimeter wurden im bestehenden Bio-Verfahren 2008 monolithisch gestochen und installiert.

Am Standort Eschikon-Lindau wurden 2008 vier wägbare Lysimeter der ETH Zürich übernommen (3,1 m² Oberfläche, 2,3 m tief, skelettreicher Moränenlehm, Baujahr 1976). Hier wird der Einfluss der Düngungs- und Nutzungsintensität auf die Nitratauswaschung bei Grasland untersucht. Eine extensive Wiese ohne N-Düngung und eine intensive Wiese mit Gülledüngung wurden angelegt.

Der Boden vergisst nicht - Rückstände alter Pestizide noch lange nachweisbar - Belastung der Baselbieter Böden mit Organochlorpestiziden

Daniel Schmutz, AUE BL, Rheinstrasse 29, 4410 Liestal, daniel.schmutz@bl.ch

2010 wurden durch das Amt für Umweltschutz und Energie, Fachstelle Boden, 71 Böden aus Wald- und Landwirtschaftsstandorten (8+27), aus alten Streuobstbeständen (5), aus Rebbergflächen (5), aus Siedlungsgebiete (5) sowie aus Familiengärten (21) auf Organochlorpestizide (OCP) untersucht. Zu den OCP zählen u.a DDT/ DDE/ DDD, Aldrin/ Dieldrin/ Endrin und Hexachlorbenzol. Untersucht wurden die Böden auf insgesamt 18 OCP inklusive deren Metaboliten. Verwendet wurden die OCP als Insektizide. Die meisten sind seit Jahrzehnten für jegliche Anwendung verboten und gehören gemäss Stockholmer Konvention zu den POP's (Persistent organic Pollutants). Daneben wurden in allen Proben auch die Totalgehalte Schwermetalle sowie zum Teil auch Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Polychlorierte Biphenyle (PCB) gemäss der "Verordnung über Belastungen des Bodens" (VBBo) bestimmt.

In den Waldböden, den Landwirtschaftsböden, den Streuobstböden und den Siedlungsböden (Grünanlagen) lagen die Maximalwerte der Σ - OCP bei < 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Boden. Bei den Rebbergböden fand sich ein Maximalwert von rund 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$. In den untersuchten Familiengärten fanden sich die höchsten Gehalte. Der Medianwert aller 21 untersuchten Gärten lag bei der Σ -DDD bei 724, der Maximalwert bei 7'135 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Boden. In der Betrachtung aller untersuchten Böden wiesen die beiden Isomeren p`p`-DDT und p`p`-DDE des Dichlordiphenyltrichlorethan die grösste Verbreitung und ebenfalls auch die höchsten Gehalte auf.

Wirkstoffe/ Summe Wirkstoffe + Metaboliten	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
alle Werte in $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	n=71	n=71	n=71	n=71
Hexachlorbenzol	1.39	0.67	<0.2	12
Summe HCH	0.43	0.3	<0.6	3.4
Summe Dieldrin/Aldrin/ Endrin	6.66	0.3	<0.6	130
Summe Heptachlor	1.5	0.3	<0.6	72
Summe cis-/trans-Chlordan + alpha-/beta- Endosulfan	6.04	0.3	<0.6	350
Summe DDT/DDD/DDE	443	3.9	<0.6	7135
Tecnazen	0.11	0.1	<0.2	0.44
Quintozen	0.41	0.1	<0.2	11
Methoxychlor	0.19	0.1	<0.2	3.3

In der schweizerischen Gesetzgebung findet sich einzig in der "Wegleitung Bodenaushub" (BUWAL 2001) Regelungswerte. Von den untersuchten Böden weisen 7 von 27 Landwirtschaftsböden, 4 von 5 Siedlungsböden, 6 von 8 Waldböden, 3 von 5 Streuobstböden und alle Rebberg- und Familiengartenböden Gehalte über dem Richtwert "Bodenaushub" auf. Diese Böden sind als schwach belastet einzustufen. Bei 5 Familiengartenböden liegen die Gehalte über den Prüfwerten "Bodenaushub" und sind als stark belastete Böden zu bewerten.

Eine detaillierte Gefährdungsabschätzung führten wir nicht durch. Vergleichend zeigt sich, dass die tolerierbare tägliche Aufnahme gemäss WHO für OCP in ähnlicher Grössenordnung wie bei PAK und PCB liegt. Die gefundenen Gehalte an OCP in den Böden (vor allem Familiengärten) liegen in ähnlicher Grössenordnung wie die von PAK und PCB. Eine Abschätzung betreffend Gefährdung durch direkte Bodenaufnahme kann hier aufgrund fehlender Daten und Studien jedoch nicht gemacht werden.

Abgestützt auf die Risikoeinschätzung, welche das FIBL (Hilber 2006) benützt, weisen die meisten aktuell untersuchten Böden der Familiengärten ein grosses Risiko beim Anbau von Kürbisgewächsen auf (> 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Σ Dieldrin/Aldrin und DDD in den Böden). Eine endgültige Aussage liesse sich nur mit Gemüseuntersuchungen aus diesen Gärten machen.

Die vorliegende Untersuchung zeigt auf, dass Handlungsbedarf vor allem bei den Böden von Familiengärten (und wohl auch für Hausgärten) bezüglich Nutzungsempfehlungen besteht.

(Untersuchungsbericht ist als pdf unter <http://www.baselland.ch/berichte-hm.289627.0.html> abrufbar).

Bodenforschung an der ART

Peter Weisskopf, *peter.weisskopf@art.admin.ch*

Reto Meuli, *reto.meuli@art.admin.ch*

David Dubois, *david.dubois@art.admin.ch*

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART ist eine der drei Forschungsanstalten des Bundesamtes für Landwirtschaft BLW. Sie ist 2006 hervorgegangen aus den beiden Forschungsanstalten FAT (Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik) und FAL (Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau). ART entwickelt und prüft nachhaltige Produktionssysteme für die schweizerische Landwirtschaft in ökologischer, ökonomischer und agrartechnischer Hinsicht und betreibt die nationale Bodenbeobachtung NABO.

ART ist im Agroscope-Verbund das Zentrum für bodenkundliche Forschung. Dabei befassen sich die beiden Forschungsgruppen „Bodenfruchtbarkeit/Bodenschutz“ und „Nationale Bodenbeobachtung“ schwerpunktmässig mit der Bodenforschung, während andere Forschungsgruppen wie „Gewässerschutz/Stoffhaushalt“, „Lufthygiene/Klima“, „Bioackerbau/Ackerbausysteme“ oder „Molekulare Ökologie“ bodenkundliche Teilaspekte untersuchen.

Gesamtschweizerische Dienstleistungen in den Bereichen „kommerzielle Bodenuntersuchung für die Düngberatung“ und „Bodenkartierung“, wie sie teilweise noch immer mit dem Namen „Reckenholz“ in Verbindung gebracht werden, sind bereits vor mehr als zehn Jahren, noch zu Zeiten der Vor-Vorgängerinstitution FAP (Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau), sistiert worden.

Im Zuge der bodenkundlichen Forschungen werden bodenchemische, -physikalische und -biologische Referenzmethoden und entsprechende Interpretationsschemata entwickelt, Prozesse untersucht, Belastungsgrenzen ermittelt und Anwendungshilfsmittel in unterschiedlicher Form (Daten, Modelle, Anleitungen) bereitgestellt. Forschungsergebnisse werden einerseits mit wissenschaftlichen Publikationen und Präsentationen in die internationale Forschungsgemeinschaft eingebracht. Andererseits dienen sie zur Unterstützung von Anliegen des praktischen Vollzugs und der Politikunterstützung sowohl der kantonalen landwirtschaftlichen Beratungs- und Bodenschutzfachstellen als auch der Bundesämter: Ein zentrales Anliegen der ART ist die Nutzung von Forschungserkenntnissen für die praktische Anwendung. Die Forschungsanstalt unterstützt damit die Anstrengungen von Behörden und Landwirten für eine nachhaltige Bodennutzung sowie für einen vorsorglichen und vollziehenden Bodenschutz.

Die Forschungsgruppen bearbeiten eine breite Palette von Themen und Fragestellungen. Dabei geht es insbesondere um die Beschreibung und das Verständnis von Bodenzuständen, -entwicklungen und -prozessen. Entsprechende Arbeiten befassen sich beispielsweise mit Stoffumsätzen und -flüssen (Eigenschaften und Stabilität der organische Bodensubstanz inkl. black carbon und Nanopartikel, Eintrag und Umsatz verschiedener Stickstoffformen, Vorkommen und Verhalten von anorganischen und organischen Schadstoffen) oder mit der Gefügeentwicklung von Böden und deren Folgen (mechanische Belastungen, Druckausbreitung in Böden, Deformation des Bodengefüges, Luft-/Wasserhaushalt und biologische Aktivität, Regeneration). Dabei geht es insbesondere um ein besseres Verständnis der Wechselwirkungen zwischen landwirtschaftlichen Aktivitäten und Bodenprozessen, damit Empfehlungen und Massnahmen für die nachhaltige Bewirtschaftung und den Schutz von Böden abgeleitet werden können.

Im Hinblick auf die Früherkennung von Entwicklungen werden auch Langzeit-Beobachtungen durchgeführt (Nationale Bodenbeobachtung NABO, Agrarumwelt-Monitoring AUM, Dauerbeobachtung Bodenerosion), entsprechende Versuchsinstrumente betrieben (Langzeit-Anbauversuche, Lysimeteranlage) und Langzeit-trends modelliert (Entwicklung des organischen C-Gehaltes von Böden, Bewässerungsbedürftigkeit bei unterschiedlichen Klimaszenarien).

Für die Planung von konkreten Bodenschutzmassnahmen werden zudem Datenbanksysteme und Programme entwickelt und bereitgestellt, die es beispielsweise ermöglichen, auf digitale Bodendaten zuzugreifen (Nationales Bodendatensystem NABODAT), die Bodenqualitätsentwicklung mit Hilfe der Ökobilanzierungstechnik abzuschätzen (SALCA-SQ) oder das Bodenverdichtungsrisiko zu beurteilen bzw. zu verringern (TERRANIMO).

Bodenforschung an der WSL

Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstr. 111, CH-8903 Birmensdorf
Forschungseinheit Waldböden und Biogeochemie

Die **Forschungseinheit** untersucht:

- biogeochemische Prozesse in Waldböden in Abhängigkeit zu Umweltveränderungen
- die Wirkung der Walddynamik auf Bodenphysik, -chemie, -biologie
- die Pfade und Prozesse in der Rhizosphäre, einschliesslich der Wechselwirkungen zwischen Boden, Wurzeln und Bodenorganismen
- Prozesse im Boden, um Empfehlungen für die Waldbewirtschaftung, für den Bodenschutz und für nachhaltige Waldfunktionen zu formulieren.

Schwerpunktsthemen bilden:

- Standortskunde im Wald
- Kohlenstoff und Stickstoff in Böden
- Bodenwasser
- Bodenschutz
- Rhizosphäre
- Wurzeln
- Mikrobielle Ökologie
- Biogeochemische Kreisläufe

Methoden:

- Erhebungen im Wald (LWF, LFI, Kantone)
- Experimente im Wald
- Experimente in Gewächshaus/Klimakammern, Labor
- chemische Analytik
- molekulargenetische Analytik
- Isotopen Analytik
- Bodendatenbank

Produkte: Publikationen, Webpakete, Empfehlungen, Bücher, Lehre

Referate anlässlich der Jahrestagung

Frank Hagedorn: Kohlenstoff in Schweizer Böden: eine CO₂ Quelle bei Klimaerwärmung?

Jörg Luster: Riparian soils as water filters and emitters of greenhouse gases.

Peter Lüscher: Nachhaltige Bodennutzung und Flächenerhalt: Eine Herausforderung für den Wald

Posterpräsentationen anlässlich der Jahrestagung

C. Meyer Bodenverdichtung unter Fahrspuren – Strukturregeneration durch Bepflanzung mit *Alnus glutinosa*

B. Lange Hydrologische Parameter und Durchwurzelungssituation in Waldböden der Voralpen: Projekte und Resultate

A. Freuler Vollzug des physikalischen Bodenschutzes im Aargauer Wald

B. Huber Nitrate leaching from soils into groundwater in a restored section of the river Thur

K. Krause Tracing of ¹⁵N in a mountain spruce forest: comparison of experimental data with the TRACE model

J. Shrestha Heterogeneity of soil carbon pools and fluxes in a channelized and a restored floodplain section (Thur River)

Gemeinsam mit der ZHAW, Wädenswil (Bc-Arbeiten)

O. Leisibach Bodenentwicklung auf Münstertaler Verrucano am NE-Abhang des Piz Turetts (Val Müstair)

M. Ofner Die physiologische Aktivität von Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) auf verdichteten Waldböden

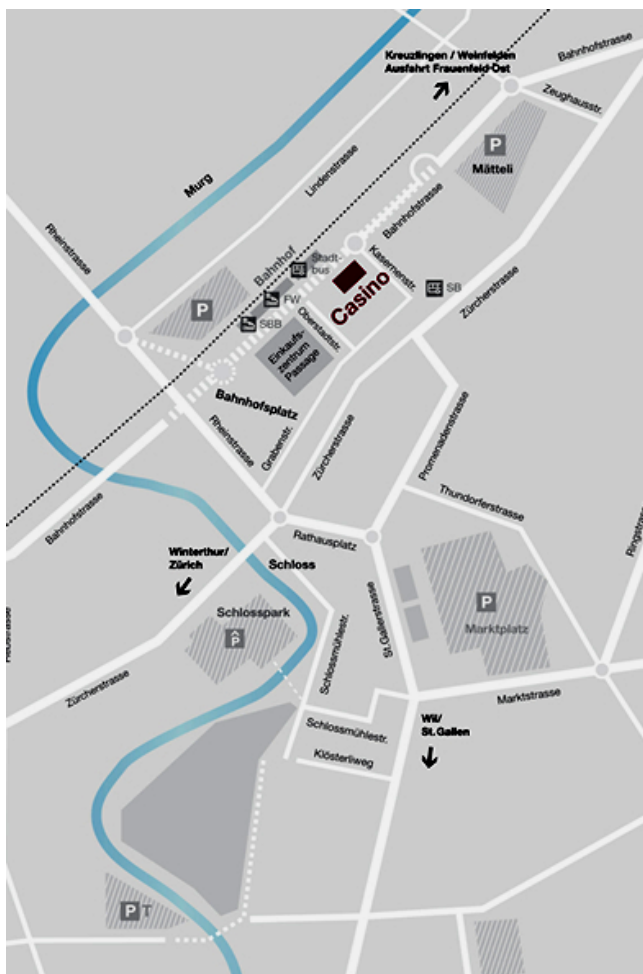
TEILNEHMERLISTE

ABEGG Christian, CSD Ing. AG
ACHERMANN Matthias, Umwelt und Energie Kt. Luzern
ALBERTINI VON Nina, Umweltberatung und Baubegleitung
ALEWELL Christine, Institut für Umweltgeowissenschaften, Universität Basel
ALLENSPACH Karin, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
ANKEN Thomas, ART
BANDOWE Benjamin A.M., Universität Bern, Geographisches Institut
BATTIATO Andrea, Forschungsanstalt Agroscope ART
BAUMGARTNER-HÄGI Karin, Forstl. Ing.-Büro
BIERI Hans, Schweizerische Vereinigung Industrie und Landwirtschaft
BIGALKE Moritz, Universität Bern, Geographisches Institut
BOHNE Jens, CSD Ingenieure AG
BONO Roland
BORER Franz
BRÄM Esther, Boden und Biotope
BRASSEL Regula, Bodenschutzfachstelle Kt. Bern
BRAUN Sabine, Institut für Angewandte Pflanzenbiologie
BRENNER Hermann, BBZ Arenenberg
BRUGGER David, Abteilung Landwirtschaft AG, Sektion Raumnutzung und Bodenrecht
BÜNEMANN-KÖNIG Else Katrin, ETH Zürich
CAMPICHE Sophie, Centre Ecotox Eawag-EPFL
CARIZZONI Marco, Universität Bern, Geographisches Institut
CHERVET Andreas, Bodenschutzfachstelle Kanton Bern
CLÉMENT Jean-Pierre, BAFU Sektion Bodenschutz
CLÉMENT Elisabeth, ARE
DANIEL Otto, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW
DISERENS Etienne, Forschungsanstalt Agroscope ART
EHMANN Brigitte, Umweltplanung Eugster Ehmman GmbH
EISENRING Arthur, Amt für Umwelt Kanton Thurgau
ELENA Havlicek, Université de Neuchâtel, Laboratoire Sol et Végétation
ESCHER Jean-Robert, fuag - forum umwelt ag
EUGSTER Martin, Amt für Umwelt Kanton Thurgau
FONTANA Simone, Planidea SA
FRANK Hagedorn, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
FREULER Andreas, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
GASCHE Thomas, Büro Thomas Gasche
GASSER Ubald, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
GASSMANN Sébastien
GEIGER Flavia, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW
GERMANN Peter
GREMLICH Madlaina
GROB Urs, ART NABO
GRUBER Paul, Forstamt Kanton Thurgau
GRÜNENFELDER Bruno, Basler & Hofmann AG
GSPONER Rolf, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
GUBLER Andreas, Universität Bern, Geographisches Institut
GYSEL Annina, Universität Basel, Institut für Umweltgeowissenschaften
HALTER Mirjam, Ecosens AG
HAUERT Christine, Amt für Umwelt, Fachstelle Bodenschutz
HERBST Philip, Leibniz Universität Hannover, Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie
HERTZ Jürg, Amt für Umwelt Kanton Thurgau

LISTE DES PARTICIPANTS

HIRSCHI Martin, Hirschi Ingenieur Beratungen
HOINS Ulrich, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
HUBER Martin, BSB + Partner
JEGGE Christoph, Vogler Consulting
KÄNEL VON Christoph, Geotest AG
KARLEN Michel, Umwelt und Energie Kt. Luzern
KAYSER Achim, Amt für Umwelt Kanton Thurgau
KEIMER Christian, Service de féologie, sols et déchets
KELLER Armin, ART NABO
KELLER Patrick, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
KNECHT Marianne, Ambio
KNECHTENHOFER Lars, Friedlipartner AG
KOENIG Isabelle, Université de Neuchâtel, Labo Biologie du sol
KRAUSE Kim, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
KREBS Rolf, ZHAW
KRETZSCHMAR Ruben, ETH Zürich
KÜNDIG Claude, Service des eaux, sols, et assainissement SESA
KUSTER Thomas, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
LANFRANCHI Marco, Amt für Umwelt Graubünden
LANGE Benjamin, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
LE BAYON Claire, Université de Neuchâtel, Laboratoire Sol et Végétation
LEHMANN Alex, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
LEIMER Sophia, Universität Bern, Geographisches Institut
LEISIBACH Oliver
LÜSCHER Claude, Fachhochschule Nordwestschweiz Institut für Ecopreneurship
LÜSCHER Peter, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
LUSTER Jörg, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
MARGRETH Stephan, Amt für Umwelt Solothurn
MARGRETH Michael, Soilcom GmbH
MEULI Reto, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART NABO
MEYER Christine, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
MITCHELL Edward, Université de Neuchâtel, Laboratoire de Biologie du Sol
MOSIMANN Thomas
MÜLLER Sonja, Bau- und Umweltschutzdirektion Basel-Landschaft, Amt für Umwelt und Energie
MUSSBAUM Madlene
NÄF Nicole, BGS Geschäftsstelle
NIEDERHÄUSERN Adrian, Landwirtschaftliches Institut des Kantons Freiburg
NYFELER Daniel, Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg
NYFELER Franziska, Basler & Hofmann AG
OFNER Matthias, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)
OKOPNIK Françoise, CSD Ingenieure AG
PEYER Karl
PFISTER Hans, Pfister Terra GmbH
PRASUHN Volker, Forschungsanstalt Agroscope ART Reckenholz-Tänikon
RAMSEIER Lorenz, Bodenschutzfachstelle Kanton Bern
ROHR Werner, Geotest
ROSSI Marco
ROTHERT Emma, Sieber Cassina + Partner AG

SCHAUB Daniel, BVU Kt. Aargau, Abteilung für Umwelt
SCHINDLER Yael, Universität Basel, Institut für
Umweltgeowissenschaften
SCHLUEP Daniela, AFU St. Gallen
SCHMID Guido, Amt für Umwelt und Energie
SCHMIDHAUSER Anina, Büro Thomas Gasche
SCHMUTZ Daniel, Amt für Umweltschutz und Energie, Kanton
Basel-Landschaft
SCHNIDER François, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
SCHWARZ Martin, Universität Bern, Geographisches Institut
STAMM Christian, EAWAG, Umweltchemie
STARK Martin, Amt für Umwelt TG
STEGER Markus, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
SUTER Brigitte, Umwelt und Energie Kt. Luzern
TOBIAS Silvia, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und
Landschaft (WSL)
VILLIGER Samuel, Amt für Umwelt TG
VON ROHR Gaby, Amt für Umwelt Kt. SO, Fachstelle
Bodenschutz
WANNER Cécile, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
WEGELIN Thomas, Fachstelle Bodenschutz Kanton Zürich
WEISSKOPF Peter, Agroscope ART
WERNLI Michael, Soilcom GmbH
WIDMER David, Umwelt und Energie Kt. Luzern
WIESER Mirjam, Umwelt und Energie Kt. Luzern
WIGGENHAUSER Matthias, Bodenschutzfachstelle Kt. Bern
WILCKE Wolfgang, Universität Bern, Geographisches Institut,
Arbeitsgruppe Bodenkunde
WÜTHRICH Raimund, Swiss Steel AG
ZELLER Stefan, Klaus Büchel Anstalt
ZIMMERMANN Stephan, Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft (WSL)
ZIZEK Daniel, myx GmbH
ZUMBÜHL Angela, Amt für Umwelt Nidwalden
ZURBUCHEN Peter, Zurbuchen Bodenschutz GmbH
ZÜRRER Martin, myx GmbH



Anreise

Die Tagung findet im Casino Frauenfeld unmittelbar beim Bahnhof statt.

Voyage

Le congrès se déroulera au Casino Frauenfeld, près de la gare.

<http://www.casino-frauenfeld.ch/index.php?p=lageplan>

Nachessen Donnerstag - Dîner Jeudi

Gasthof zum Goldenen Kreuz, Zürcherstrasse 134, 8500 Frauenfeld



Unterkünfte, Hérbagement

Hirt im Rhyhof, Rheinstrasse 11, 8501 Frauenfeld, Telefon 052 728 93 00

<http://www.hirt-im-rhyhof.ch/hotel/zimmer.html>

Gasthof zum Goldenen Kreuz, Zürcherstrasse 134, 8500 Frauenfeld, 052 725 01 10

<http://www.goldeneskreuz.ch/>

Hotel Domicil, Oststrasse 51, 8503 Frauenfeld, Tel. 052 723 53 53

<http://www.domicil.ch/tc4/index.php?id=29>

weitere Hotels in Frauenfeld unter

http://www.regiofrauenfeld.ch/xml_1/internet/de/application/d83/f143.cfm

Hotels in Winterthur (15 Min. von Frauenfeld mit dem Zug)

<http://www.winterthur-tourismus.ch>