

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 100 (2002)

**Heft:** 5

**Artikel:** Physikalischer Bodenschutz : Aktuelle Forschung in der Schweiz und Stand der Umsetzung

**Autor:** Tobias, S. / Schulin, R.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235897>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Physikalischer Bodenschutz: Aktuelle Forschung in der Schweiz und Stand der Umsetzung

Mechanische Belastungen beim Befahren und Bearbeiten des Bodens können zu Bodenverdichtungen führen, die die Bodenfruchtbarkeit langfristig beeinträchtigen. In den vergangenen Jahren sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Ursachen und Auswirkungen von Bodenverdichtungen stark erweitert worden. Um die Ergebnisse der Forschung sinnvoll in die Praxis des physikalischen Bodenschutzes umzusetzen, muss nun ein Diskurs zwischen Forschung und Praxis geführt werden, damit die wesentlichen Erkenntnisse berücksichtigt und Fehlschlüsse vermieden werden. Zu diesem Zweck hat die Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz gemeinsam mit dem Institut für terrestrische Ökologie der ETHZ eine Tagung organisiert, auf die sich die folgenden drei Artikel beziehen.

*Les sollicitations mécaniques provoquées lors du roulage et du travail du sol mènent à des compactages du sol qui, à long terme, entravent sa fertilité. Ces dernières années les connaissances scientifiques sur les causes et les effets du compactage du sol ont été beaucoup élargies. Afin de transposer les résultats de la recherche de façon judicieuse dans l'application pratique de la protection physique du sol, il y a lieu d'introduire un discours entre les chercheurs et les praticiens afin que les connaissances fondamentales soient respectées et les fausses conclusions évitées. A cet effet, la Société Suisse de Pédologie a organisé une journée de séminaire, en commun avec l'Institut d'Écologie Terrestre de l'EPFZ, relatée par les trois exposés suivants.*

Gli impatti meccanici durante il transito e la lavorazione del suolo possono portare a costipazioni del terreno con un impatto a lungo termine sulla sua fertilità. Negli scorsi anni le conoscenze scientifiche sulle cause e gli effetti della costipazione hanno fatto grandi passi avanti. Per riuscire tradurre sensatamente in pratica i risultati delle ricerche di sostegno delle ricchezze del suolo, bisogna intavolare un discorso tra aspetti di ricerca e pratica per tenere in considerazione le cognizioni sostanziali ed evitare deduzioni sbagliate. In questo intento la Società svizzera di pedologia, assieme all'Istituto per un'ecologia terrestre del Politecnico di Zurigo, ha organizzato un convegno a cui si riferiscono i tre articoli seguenti.

S. Tobias, R. Schulin

Der Boden ist als Ökosystem und Landschaftselement für den Menschen eine lebensnotwendige Ressource. Der Boden ist nicht nur die Produktionsgrundlage für die Land- und Forstwirtschaft, er spielt auch eine bedeutende Rolle im Landschaftswasserhaushalt und als natur- und kulturhistorisches Archiv. Diese Bodenfunktionen können durch mechanische

Belastungen infolge Befahrung und Bearbeitung des Bodens stark beeinträchtigt werden. Die heute übliche landwirtschaftliche Bodenbewirtschaftung bringt nicht nur das regelmässige Befahren des Bodens mit zum Teil schweren Fahrzeugen mit sich – heute kommen Zuckerrübenanbauer mit 30–40 t Gesamtgewicht zum Einsatz –, sondern auch das Aufbrechen und Auflockern des Bodengefüges im Oberboden. Obschon in der Forstwirtschaft der Boden wesentlich seltener be-



Abb. 1: Der Absenkvorgang der tonnenschweren, verschweissten Rohrleitung ist ganz besonders anspruchsvoll. Bei dieser Arbeit werden von den sogenannten Seitenbäumen die höchsten Auflagedrücke, die auf den Boden wirken, erzeugt (Foto Judith Burri).

fahren wird, kommen bei der Holzernte heute auch sehr schwere Geräte zum Einsatz. Zu besonders schweren mechanischen Belastungen kann es auch kommen, wenn Kulturboden als Baustelle benutzt wird. In vielen Fällen, insbesondere beim Verlegen unterirdischer Gasleitungen, wird der gewachsene Boden als Baupiste benutzt und mit Baumaschinen von zum Teil mehr als 60 t Gewicht befahren. In anderen Fällen – so z.B. im Strassenbau – wird der Boden für Geländemodellierungen oder zur Erstellung von Tagbautunnels grossflächig abgetragen, umgelagert und nach Beendigung der Bauarbeiten wieder rekultiviert. Die Rekultivierungsarbeiten verändern den Horizontaufbau sowie die Beschaffenheit des Bodengefüges.

Physikalische Bodenbelastungen sind Veränderungen der Bodenstruktur, die zum Unterbruch des Porensystems führen, was die Störung der Leitfähigkeit und Speicherkapazität für Wasser und Luft nach sich zieht. Dies entsteht nicht nur durch Zusammendrücken des Bodens. Beson-



ders schädlich ist das Verkneten und Verscheren von Boden, z.B. beim Schlupf von Rädern. Kritisch ist auch eine Überlockierung des Bodens bei der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung oder der Rekultivierung, da sie seine Stabilität verringert und damit die Verdichtungsempfindlichkeit erhöht.

Der physikalische Bodenschutz zielt einerseits auf die vorsorgliche Vermeidung und andererseits – soweit möglich – Behebung von Schäden im Bodengefüge ab. Bei der Umsetzung des physikalischen Bodenschutzes in der Praxis stellen sich verschiedene Fragen:

- Welches ist der heutige Stand des Wissens über die Prozesse, die zu Bodenverdichtungen führen, sowie über deren Auswirkungen?
- Wie lässt sich das Gefährdungspotenzial abschätzen und daraus ein Handlungsbedarf ableiten?
- Verfügen wir über operable Instrumente für die Umsetzung des physikalischen Bodenschutzes in der Praxis?

## Aktuelle Forschungsarbeiten in der Schweiz

Der Stand des Wissens über die Ursachen und Folgen von Bodenverdichtungen wurde in der Schweiz in den letzten Jahren durch einschlägige Forschungsarbeiten wesentlich erweitert. Gysi (2000) und Berli (2001) haben Befahrungsversuche mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Baumaschinen durchgeführt, um den Prozess der Bodenverdichtung zu analysieren. Mit numerischen Modellen haben sie die beobachteten Vorgänge beschrieben und die wesentlichen Einflussgrössen analysiert. Besondere Berücksichtigung fand dabei die mechanische Vorbelastung des Bodens als Messgrösse für die Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit. Die Kenntnis letzterer ist eine unabdingbare Voraussetzung zur Vermeidung von Verdichtungsschäden. Weisskopf und Gysi (eingereicht) stellten schliesslich fest, dass bei ungünstiger Bereifung auch leichtere Fahrzeuge Schäden des Bodengefüges im Unterboden verursachen können.

Die Auswirkungen von Bodenverdichtungen auf die Infiltrationseigenschaften des Bodens untersuchten Kulli et al. (2000). Mit verschiedenen Farbtacern verglichen sie das Muster der Fliesswege im Boden vor und nach der Befahrung mit den Fahrzeugen. In einigen Fällen führte die Befahrung dazu, dass sich die Fliesswege nicht mehr gleichmässig über das Bodenprofil verteilten, sondern auf Klüfte und stabile Wurmgänge konzentrierten. Die Muster sind aber nicht immer einfach zu interpretieren und die Methode muss weiter entwickelt werden.

Zwei weitere Forschungsarbeiten gehen der Frage nach, wie weit sich der Boden von mechanischen Belastungen erholen kann. Tobias (2001) hat mit einem hydrostatischen Messgerät auf einem Ackerstandort bleibende Setzungen nach der Befahrungen festgestellt, die in feuchtem Boden in 60 cm Tiefe noch über 2 cm erreichten, während in trockenem Boden in 50 cm Tiefe nur 2 mm Setzung gemessen wurden. Die Setzungen blieben 10 Tage nach den Überfahrten unverändert, dann mussten die Versuche abgebrochen und die Testflächen den Landwirten zurückgegeben werden. Kaufmann vom Institut für Kulturtechnik der ETHZ hat die Entwicklung einiger physikalischer Bodenkennwerte einer streifenweise geschütteten Rekultivierung während drei Jahren nach der Schüttung beobachtet. Dank einer kontrollierten und sorgsamten Folgebewirtschaftung ist der Boden auch nach drei Jahren noch sehr locker und gut waserdurchlässig. Die auffällig geringen Werte für Vorbelastung und Eindringwiderstand im Unterboden belegen aber gleichzeitig die immer noch sehr hohe Verdichtungsempfindlichkeit dieses Bodens.

Schliesslich werden Methoden zur Beurteilung von Bodenverdichtungen entwickelt, die wichtige Entscheidungsgrundlagen bei der Wahl von Massnahmen zur Prävention und Sanierung von Verdichtungsschäden darstellen. An der Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) Reckenholz wird die Methode der Gefügeansprache erweitert, um anthropogene Veränderungen des

Bodengefüges identifizieren und beurteilen zu können. Weiterhin wurde unter Bodenexperten der bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) eine Umfrage zur Herleitung von Richtwerten für die Beurteilung von Bodenverdichtungen durchgeführt, die zur Zeit ausgewertet wird. Bodenphysikalische Kenngrössen lassen sich zum Teil relativ leicht messen, für die Interpretation der Messungen gibt es allerdings noch keine allgemein gültigen Regeln. So urteilen die verschiedenen Fachleute aus Forschung, Vollzug oder Beratungspraxis bei jedem Problem nur aufgrund ihrer persönlichen Erfahrung. In dieser Umfrage soll das Wissen der verschiedenen Experten gebündelt werden, um einen Konsens zur Festlegung von Richtwerten zur Beurteilung des Verdichtungsgrads und der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden herzuleiten.

## Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis

Obschon die wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet der Bodenverdichtungen grosse Fortschritte gemacht hat, zeigen sich bei der Umsetzung des physikalischen Bodenschutzes in der Praxis weiterhin Probleme. Feldversuche liefern zwar natürlichere Randbedingungen als Laborexperimente, doch gelten die Resultate streng genommen auch nur für die entsprechenden Standorte. Eine Anwendung der Erkenntnisse auf andere Fälle muss sehr sorgfältig erwogen werden. Es muss für jeden einzelnen Fall kritisch abgeklärt werden, wie weit die Randbedingungen des betreffenden Falls mit denjenigen der Experimente übereinstimmen. Zudem sind die bisherigen Forschungsergebnisse oft noch nicht eindeutig, was eine Übertragung der Resultate auf Richtgrössen für die Praxis erschwert. Eine Fortsetzung dieser experimentellen Forschung ist daher unerlässlich, um eine zuverlässige und eindeutige Anwendung der wissenschaftlichen Resultate in der Praxis zu ermöglichen.

Auch bei hoher Messgenauigkeit bietet die Interpretation von Messungen im Feld



grosse Schwierigkeiten, da ein einheitliches Beurteilungssystem fehlt. Insbesondere für den Vollzug des physikalischen Bodenschutzes stellen sich Probleme, weil derzeit keine Richtwerte für die Beurteilung von Bodenverdichtungen festgelegt sind. Somit ist eine nachvollziehbare Abschätzung des Gefährdungspotenzials bei mechanischen Belastungen immer noch sehr schwierig.

In vielen Aspekten fehlen heute immer noch operable Instrumente für die Umsetzung des physikalischen Bodenschutzes in der Praxis. Dennoch empfiehlt es sich auch in der Praxis in allen Einzelfällen auf den neuen Forschungsergebnissen aufzubauen und deren Anwendbarkeit auf die betreffenden Fälle anhand der eigenen persönlichen Erfahrung abzuschätzen. Um die sinnvolle Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse zu fördern, pflegt die BGS mit ihrer Plattform Bodenschutz einen regen Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis. Sie will zur Bildung eines nationalen Netzwerks für die Verantwortlichen des Bodenschutzes beitragen, um so ein konzertiertes Vorgehen bei der Umsetzung des Bodenschutzes zu ermöglichen. Die Plattform Bodenschutz sieht sich als:

- Informationsdrehscheibe, wo laufende Projekte zum Bodenschutz vorgestellt werden können;
- Diskussionsrunde, wo eine sinnvolle Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse diskutiert wird;
- Arbeitsgruppe, wo Konzepte und Strategien für die Umsetzung des Bodenschutzes in der Praxis entwickelt werden (Tobias et al., 1999).

Im November 2001 hat die Plattform Bodenschutz gemeinsam mit dem Institut für terrestrische Ökologie der ETHZ eine Tagung zum Thema «Bodenschutz beim Gasleitungsbau» veranstaltet. An dieser Tagung wurden die hier zusammengefassten Forschungsarbeiten vorgestellt sowie die Sicht der Praxis in Vollzug und Beratung aufgezeigt. Die beiden nachfolgenden Artikel sind die Niederschriften zweier Vorträge der Tagung, die den Stand des Vollzugs des Bodenschutzes im Gasleitungsbau wiedergeben.

## Zitierte und weiterführende Literatur:

Berli, M., 2001: Compaction of agricultural subsoils by tracked heavy construction machinery. Diss. ETH No. 14132. 108 p. and annex.

BUWAL, 2001: Bodenschutz beim Bauen. Leitfaden Umwelt 10. 83 S. (deutsch und französisch).

Gysi, M., 2000: Soil compaction due to heavy agricultural wheel traffic. Diss. ETH No. 13910. 97 p.

Kulli, B., Berli, M., Gysi, M., Schulin, R. & Flühler, H., 2000: Subsoil compaction on agricultural land by heavy construction machinery – soil physical aspects. In: Horn, R., van den Akker, J. J. H. & Arvidsson, J. (eds.): Subsoil compaction. Advances in GeoEcology 32, Reiskirchen: 278–283.

Tobias, S., 2001: Vorsicht beim Befahren feuchter Böden: Bleibende Setzungen drohen! Agrarforschung 8 (2): 66–71.

Tobias, S., Schulin, R., Schaub, D., Weisskopf, P., Buchter, B., Zimmermann, S., Borer, F. & Vökt, U., 1999: Physikalischer Bodenschutz – Konzept zur Umsetzung der rechtlichen Vorgaben im Umweltschutzgesetz (USG) und in der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo). Dokument 9 der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS). 32 S. und Anhang (deutsch und französisch).

Weisskopf, P. & Gysi, M., subm.: Effects of heavy harvesting machines on soil structure. Advances in GeoEcology.

Dr. Silvia Tobias  
Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
silvia.tobias@wsl.ch

Prof. Dr. Rainer Schulin  
Institut für terrestrische Ökologie ETHZ  
Grabenstrasse 11  
CH-8952 Schlieren  
Schulin@ito.umnw.ethz.ch

# ABONNEMENTSBESTELLUNGEN

**SIGImedia AG**  
Dorfmattestrasse 26  
CH-5612 Villmergen  
Telefon 056 619 52 52  
Telefax 056 619 52 50

unter folgender Adresse

**JAHRESABONNEMENT**  
1 Jahr:  
**Inland sFr. 96.–**  
**Ausland sFr. 120.–**