

# DIAGONAL

SCHWERPUNKT

## Boden: kostbarer Dreck zu unseren Füssen

Nr. 2  

---

15

**Borkenkäfer:**

Entwicklungsprognose  
am Bildschirm mitver-  
folgen, S. 25

**Energiewende:**

Der Kanton Aargau  
als Modellfall,  
S. 26

**Tunnelportale:**

Besserer Schutz vor  
Schneeüberhängen,  
S. 29

## EDITORIAL

Liebe Leserin, lieber Leser  
Die Vereinten Nationen haben 2015 zum Internationalen Jahr des Bodens erklärt, um die grosse Bedeutung der Böden für die natürlichen Ökosysteme und unsere Lebensmittelproduktion aufzuzeigen. Grund genug, in diesem Heft einen Blick unter die Erdoberfläche zu werfen. Noch vor 20 Jahren war der Boden weitgehend unbekanntes Terrain. Man wusste zwar einiges über seinen Aufbau, aber fast nichts über die darin lebenden Organismen. In den letzten Jahren hat die Forschung, auch an der WSL, enorme Fortschritte gemacht. So wissen wir heute dank neuen Untersuchungsmethoden, dass in einer Handvoll Boden mehr Organismen leben, als es Menschen auf der Erde gibt. Siedlungen, die buchstäblich aus dem Boden schiessen, Schadstoffe aus der Luft, schwere Maschinen, die den Boden verdichten – dieser verborgene Lebensraum wird heute von verschiedenen Seiten bedroht. Umso wichtiger, dass die Forschung dazu beiträgt, diese Ressource zu schützen. Denn Böden sind unsere Lebensgrundlage – sowohl heute wie auch für künftige Generationen.

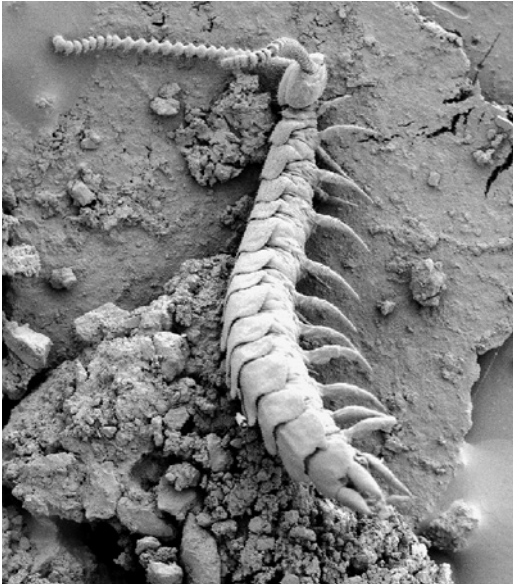
Eine spannende Lektüre  
wünscht Ihnen



Prof. Dr. Konrad Steffen  
Direktor WSL



# 2



## BODEN – KOSTBARER DRECK ZU UNSEREN FÜSSEN

Unsere Böden werden stark beansprucht. Was leistet die Forschung, damit unsere wichtigste Lebensgrundlage erhalten bleibt?

# 8



## MOORBÖDEN

Veränderungen in Schweizer Hochmooren zeigen auf, wie sich Moore im hohen Norden durch den Klimawandel entwickeln könnten.

# 14



## DOPPELPASS

Gaby von Rohr, Amt für Umwelt, Kanton Solothurn: «Die Nutzungskonflikte um den Boden werden sich in den nächsten Jahren verschärfen.»

# 18

## LANGFRISTIGE WALDÖKO-SYSTEM-FORSCHUNG LWF

Seit 1994 untersucht die WSL, wie verschiedene Umwelteinflüsse den Wald mitsamt seinem Boden verändern.



### KERNTHEMEN

- 22** Biodiversität
- 24** Wald
- 26** Landschaft
- 28** Naturgefahren
- 30** Schnee und Eis

### PORTRÄTS

- 21** Dominik Brödlin, Biologe
- 32** Heike Lischke, Biologin
- 33** Cornelia Accola-Gansner, Erdwissenschaftlerin

### NACHHALTIGKEITSBERICHT-ERSTATTUNG

- 34** Umwelt
- 35** IMPRESSUM, AUSBLICK
- DAS DING**
- 36** Labor-Mikrotom



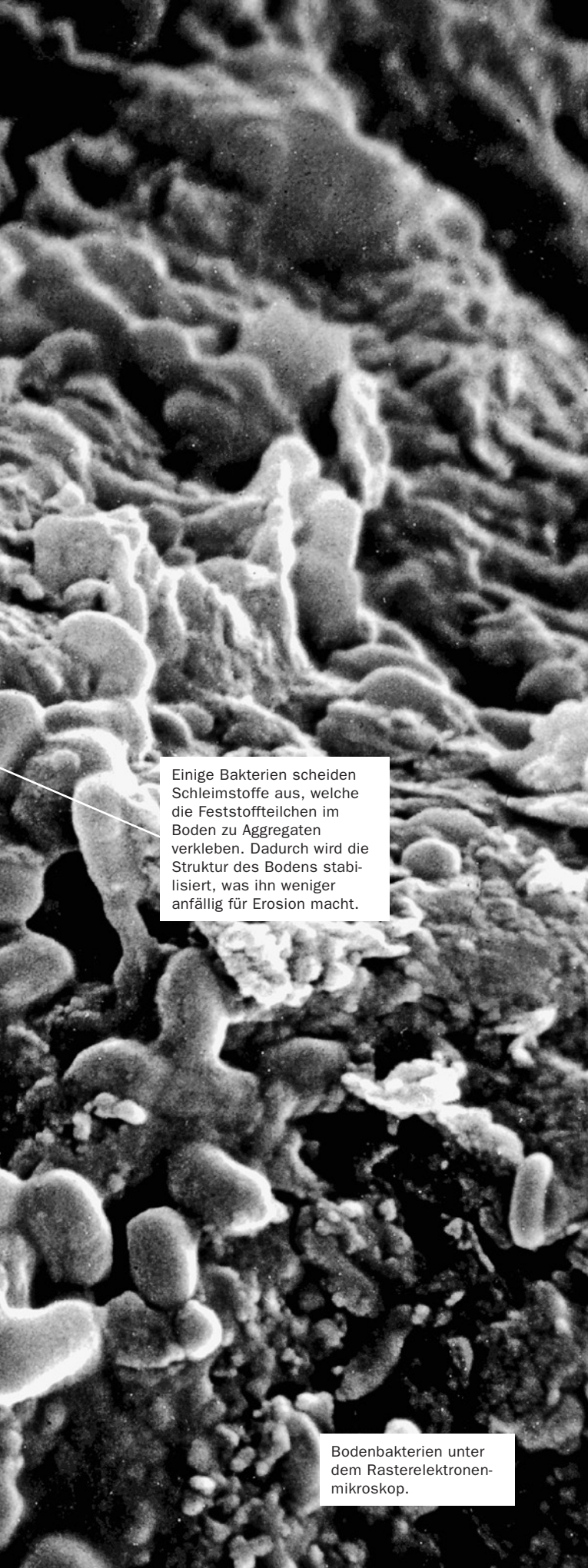
A scanning electron micrograph (SEM) showing a dense population of soil bacteria. The bacteria exhibit various shapes, including rod-like, oval, and more complex, branching structures. The background is dark, highlighting the intricate details of the microbial life.

SCHWERPUNKT Böden sind unsere Lebensgrundlage. Welchen Beitrag leistet die Forschung, damit wir nachhaltig mit dieser knappen Ressource umgehen?

# Boden – kostbarer Dreck zu unseren Füßen

In einem durchschnittlichen Boden lebt eine enorme Vielfalt von 5000 bis 7000 verschiedenen Bakterienarten. Ein einzelnes Bakterium ist etwa 4 Mikrometer lang.





Einige Bakterien scheiden Schleimstoffe aus, welche die Feststoffteilchen im Boden zu Aggregaten verkleben. Dadurch wird die Struktur des Bodens stabilisiert, was ihn weniger anfällig für Erosion macht.

Bodenbakterien unter dem Rasterelektronenmikroskop.

Bild: Thilo Eickhorst & Rolf Tippkötter, www.micropep.uni-bremen.de

Was kommt Ihnen beim Wort «Boden» in den Sinn? Riechen Sie einen feuchten, leicht modrigen Waldboden? Spüren Sie die eingetrocknete Erde an den Händen von der Gartenarbeit? Multiplizieren Sie im Kopf Grundstückspreise und Quadratmeter?

Aus ökologischer Sicht ist der Boden die Grundlage des Lebens. Über Jahrtausende entsteht er aus dem Muttergestein durch das Zusammenwirken von Klima und Organismen, vor allem zahllosen Pilzen, Bakterien und Pflanzen. Er hält Regenwasser zurück, speichert Nährstoffe, ist Lebensraum für mehrere Tausend Lebewesen und dient als Kohlenstoffschenke. Entstehen jedoch neue Siedlungen und Strassen, dringen Schadstoffe ein oder belasten zum Beispiel schwere Maschinen den Boden, verliert er die Fähigkeit, solche Funktionen im Ökosystem wahrzunehmen. Es dauert Jahrzehnte bis Jahrhunderte, bis ein dermassen gestörter Boden wieder fruchtbar wird – bezogen auf ein Menschenleben ist die natürliche Ressource Boden nicht erneuerbar.

## **Boden in Lagerdosen und Datenbanken**

Die WSL beschäftigt sich schon lange mit den Eigenschaften der Böden und den Prozessen, die unter der Erde ablaufen. Zurzeit ist sie mit mehreren Projekten am Nationalen Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) beteiligt und erarbeitet Grundlagen, wie die Gesellschaft nachhaltig mit dem Boden umgehen kann. Bereits in den 1980er-Jahren begann die WSL, ein umfangreiches Archiv an Boden- und Gesteinsproben anzulegen. Zwischen 1983 und 1985 entnahmen Mitarbeitende des ersten →

Landesforstinventars LFI in den Schweizer Wäldern auf rund 12 000 Stichprobenflächen je eine Probe aus dem Oberboden. Sie trockneten die Erde, siebten und verpackten sie in durchsichtige Lagerdosen. Aus einer ersten Analyse des Materials erstellten die Forschenden eine Karte mit den pH-Werten der Schweizer Waldböden. Nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl von 1986 konnte die WSL zusammen mit dem Paul Scherrer Institut PSI das Ausmass und die räumliche Verteilung der radioaktiven Verstrahlung nachweisen – dank den Bodenproben, die als Referenz vor dem Unfall dienen. Heute lagern in der Pedothek der WSL, der «Bibliothek der Böden», über 72 500 Bodenproben. Der grösste Teil befindet sich im Keller der WSL in Birmensdorf. Für die Proben aus dem ersten LFI wurde der Platz zu knapp, sie sind nun in einem ehemaligen Munitionsbunker der Armee in Zufikon (AG) untergebracht.

Die WSL bewahrt Waldböden jedoch nicht nur physisch auf. In ihrer Bodendatenbank fliessen Informationen zur Chemie, Physik und Struktur von Proben aus über 1000 Bodenprofilen sowie Daten zu Vegetation, Klima und Geologie zusammen. Die Datenbank kommt in verschiedenen Projekten zum Einsatz. Frank Hagedorn, Geoökologe an der WSL, nutzt sie zum Beispiel in einem der WSL-Projekte im NFP 68. Er und sein Team untersuchen, welche Faktoren die Kohlenstoffvorräte in Schweizer Waldböden steuern. Dazu vergleichen die Forschenden die gemessenen Kohlenstoffgehalte der Bodenproben mit Daten zu Klima und Land- und Waldbewirtschaftung. Ziel des Projekts ist es, besser zu verstehen, wie Böden als Quellen und Senken von CO<sub>2</sub> funktionieren. Dies soll ermöglichen, den Kohlenstoffkreislauf genauer zu modellieren. Erste Resultate zeigen, dass das Klima und die Zusammensetzung der Baumarten am stärksten beeinflussen, wie viel Kohlenstoff derzeit im Boden gespeichert ist.

### **Verdichten und verdichten**

Das Schweizer Mittelland ist dicht besiedelt. So hat etwa die Siedlungsfläche von 1985 bis 2009 um 23,4 Prozent zugenommen, das entspricht knapp 82 000 Fussballfeldern in 24 Jahren. Auch die Landwirtschaft beansprucht die Böden stark. Für einen sorgsamen Umgang mit der knappen Ressource Boden ist eine Übersicht über die Eigenschaften und Funktionen der Böden in der Schweiz eine wichtige Planungs- und Entscheidungsgrundlage. Forschende der WSL und der ETH erarbeiten darum im Rahmen des NFP 68 wissenschaftliche Grundlagen, um räumlich hoch aufgelöste Karten von Bodeneigenschaften zu erzeugen.

Verdichtung ist auch im Wald ein Problem: Schwere Maschinen bei der Holzernte, Pferdehufe oder Räder von Mountainbikes pressen den Boden zusammen. Unter den Tritt- und Fahrspuren verändert sich die Bodenstruktur. Die luftgefüllten Hohlräume verschwinden, das Regenwasser kann nicht mehr versickern und bleibt stehen. Den Bakterien, Pilzen und Regenwürmern bleibt buchstäblich die Luft zum Atmen weg. Fehlt die Vielfalt im Boden, so ist dieser weniger fruchtbar, Streuabbau und Humusbildung sind gestört, unter Umständen setzt ein solcher Boden Gase frei, die zum derzeitigen Klimawandel beitragen. Beat Frey, Mikrobiologe an der WSL, wies mit seinem Team nach, dass sich die Zusammensetzung der Bakterien und Pilze im Boden nach einer Befahrung lang anhaltend verändert und dass diese Zusammensetzung als Zeigerwert für Schäden verwendet werden kann.

Film Bodenschutz  
im Wald:  
[www.wsl.ch/more/  
video-bodenschutz](http://www.wsl.ch/more/video-bodenschutz)






Unter Fahrspuren verändert sich die Struktur des Waldbodens tiefgreifend. Luft und Wasser zirkulieren nicht mehr, was negative Auswirkungen auf die Feinwurzeln und die Bodenlebewesen hat.

Noch sind nicht alle Prozesse und Funktionen im Lebensraum zu unseren Füßen entschlüsselt. Klar ist aber, dass die menschliche Nutzung die Bodenfunktionen möglichst nicht beeinträchtigen sollte. Nur so können wir gewährleisten, dass auch für zukünftige Generationen die wichtigste Lebensgrundlage erhalten bleibt. *(lbo)*

Mehr Informationen zur Bodenforschung an der WSL: [www.wsl.ch/more/boden](http://www.wsl.ch/more/boden)






Als Erste besiedeln Mikroorganismen die Steinwüste. Wenige Jahre nachdem das Eis geschmolzen ist, leben im Boden bereits gegen 1500 verschiedene Arten.

Mikroorganismen fixieren Kohlen- und Stickstoff aus der Luft und lösen Mikronährstoffe aus dem Gestein. So können sich nach einigen Jahren erste Pflanzen ansiedeln.





Weil der Gletscher in den vergangenen Jahrzehnten fortlaufend zurückgeschmolzen ist, findet man im Gletschervorfeld heute eine Reihe verschieden alter Böden.

Vorfeld des Dammgletschers (UR).





Im Hochmoor Le Forbonnet bei Frasné im französischen Jura simulieren Open-Top-Kammern kleinräumig den Klimawandel.



# REPORTAGE Der Klimawandel bedroht den Moorboden – und Moore verstärken den Klimawandel

Das Hochmoor, das da in der Sonne glitzert, hat weder Sirene noch Warnblinker. Und doch ist es ein Warnsystem: Ein Frühwarnsystem dafür, wie sich die riesigen Moore in den nördlichen Teilen der Erde durch den Klimawandel verändern könnten – mit Rückwirkungen auf das globale Klima. In diesem prächtigen Frühwarnsystem bei Frasne im französischen Jura sind Alexandre Buttler und Luca Bragazza an der Arbeit, beide WSL-Forscher und Professoren an der EPFL beziehungsweise an der Universität von Ferrara. Heute wirken sie wenig professoral: Sie tragen Gummistiefel und Funktionskleidung und schleppen überdimensionierte Bohrer und Hightech-Geräte auf einem schmalen Holzsteg über das Moor, in dem gerade die ersten Pflanzen zu sprossen beginnen. Zwischen den Pflänzchen – vor allem rötlich und gelblich leuchtende Torfmoose – schimmert das Wasser. So kurz nach der Schneeschmelze ist das Hochmoor Le Forbonnet buchstäblich randvoll. Buttlers Hand verschwindet im schmatzenden Boden und fördert ein glibberiges Etwas zu Tage. «Das Grüne, das sind die lebenden Torfmoos-Pflänzchen. Diese gelbliche Masse mit den Fasern drin sind die Überbleibsel der letzten zwei, drei Jahre; man erkennt noch die Stängel der Moospflänzchen. Dem sagt man Blondtorf oder auch Weisstorf», erklärt er.

## Hochmoore speichern viel Kohlenstoff

Nun greifen Bragazza und er zum Bohrer. Zu zweit schrauben sie die andert-halb Meter lange Röhre in den Boden. Dann ziehen sie den Bohrer heraus. «Das geht leicht – zu leicht», stellt Buttler fest. Und richtig: Diesmal ist der Moorboden nicht bereit, sein Innenleben preiszugeben; der Bohrkern bleibt statt im Bohrer im Boden stecken. «Wenn der Boden ganz durchnässt ist, bringt man fast keine Probe raus», kommentiert Buttler und setzt ein paar Meter entfernt zu einem neuen Versuch an – an einer etwas trockeneren Stelle, wo der Föhrenwald langsam ins Moor eindringt. Diesmal ist das Rohr beim Rausziehen schwerer. Mit einer Art Riesen-Pfeifenputzer schiebt Buttler den Bohrkern in eine zweite, der Länge nach aufklappbare Röhre. Bragazza öffnet sie: Nebst lebenden Torfmoosen und Blondtorf sind auch einige Zentimeter Schwarztorf aus den tieferen Lagen dabei. «Hier ist Kohlenstoff gespeichert, den Torfmoose vor Jahrzehnten und Jahrhunderten aus der Luft aufgenommen haben», führt Bragazza aus. «Weil es im Hochmoor an Sauerstoff mangelt und weil Torfmoos abbauhemmende Stoffe enthält, werden die Pflanzen kaum zersetzt. Jahr für Jahr wachsen Hochmoore daher ein bisschen.»

Diese Torf-Akkumulation macht Hochmoore zu Kohlenstoff-Senken. Weltweit speichern sie fast einen Drittel allen Boden-Kohlenstoffs, obwohl sie nur drei Prozent der Erdoberfläche einnehmen. In Le Forbonnet ist die Torfschicht etwa vier Meter dick. Bragazza vergleicht sie mit einem 8000-seitigen Buch, das jedes Jahr um eine Seite wächst und darauf Informationen zum damaligen Klima oder zu Schadstoffen in der Luft festhält. Wie Buttler erforscht er schon seit seiner Diplomarbeit den Lebensraum Hochmoor.

Bildstrecke zur  
Reportage auf:  
[www.wsl.ch/more/  
bilder-hochmoore](http://www.wsl.ch/more/bilder-hochmoore)

Es ist ein Lebensraum, der in der Schweiz selten geworden ist. In den letzten zweihundert Jahren zerstörte der Mensch 95 Prozent der Hochmoore durch Entwässerung und Torfabbau. Heute gibt es nur noch etwa 1500 Hektaren Hoch- und Zwischenmoore; das entspricht etwa der Fläche von zwanzig Golfplätzen und ist weltweit unbedeutend. «Da die Schweiz klimatisch an der südlichen Verbreitungsgrenze von Hochmooren liegt, eignen sich unsere Moore besonders gut als Frühwarnsystem für die Folgen des veränderten Klimas», meint Buttler. «Zudem sind sie klein und dadurch starken Randeffekten ausgesetzt.» Heisst zum Beispiel: Ist der Boden genug trocken, dass Bäume wachsen können, ist ein Moor mit ein paar hundert Meter Durchmesser schnell überwachsen – Baumsamen sind jedenfalls vorhanden.

### **Der Klimawandel führt zu Abbau von Torf**

Anders in Sibirien, wo Moore Dutzende Kilometer Durchmesser haben. Bragazza warnt: «Wenn es wärmer wird und im Sommer trockener, ändert sich nicht nur die Vegetation. Es wird dann auch mehr Pflanzenmaterial ab- als aufgebaut. Das Moor setzt Kohlenstoff frei, statt ihn zu binden.» Er packt eine Sonde in einer zylinderförmigen Haube aus, schliesst sie an ein Messgerät an und senkt das leise surrende Instrument auf den blossen Boden ab. Es misst feinste Veränderungen des Kohlendioxid-Gehalts der Luft auf Bodenhöhe. «Wir messen so die Bodenatmung. Letztlich also, wie Mikroorganismen den Torf abbauen.»

Heute sind die Mikroorganismen kaum aktiv. Aber Bragazzas Untersuchungen offenbaren, dass der Torfkörper in Le Forbonnet übers ganze Jahr betrachtet Kohlenstoff abgibt – anders als in den letzten paar tausend Jahren. Seine Studien in zwei anderen Mooren zeigen, dass bei Klimawandelbedingungen besonders viel alter Kohlenstoff freigesetzt wird, der zuvor lange im Boden gespeichert war. Das veränderte Klima dürfte also vielerorts zum Abbau des Torfs führen. Ob das freigesetzte Kohlendioxid als Treibhausgas die Atmosphäre weiter aufheizt, ist allerdings noch nicht klar, denn für ein paar Jahrzehnte bis Jahrhunderte könnten die einwachsenden Bäume den Kohlenstoff nochmals speichern. Forschende der Universität von Orléans planen deshalb, in Le Forbonnet einen Eddyflux-Turm aufzustellen. Diese aufwendige Installation kann die Kohlenstoffbilanz des ganzen Moores mitsamt der Bäume messen.

### **Jura – Polen – Sibirien**

Zusammen mit den französischen Kollegen haben Buttler und Bragazza in Le Forbonnet schon vor sieben Jahren Open-Top-Kammern eingerichtet. Die sechseckigen Plexiglasstrukturen lassen Licht, Niederschlag und Wind weitgehend unverändert, reduzieren aber die Wärmeabstrahlung in der Nacht. So simulieren sie eine Klimaerwärmung. Solche Experimente haben den Vorteil, dass die Forscher die manipulierten Flächen direkt mit den unveränderten Nachbarflächen vergleichen können. Sie haben aber auch gewichtige Nachteile: Die Verhältnisse sind letztlich künstlich, die «neuen» Bedingungen gelten erst seit verhältnismässig kurzer Zeit, und es können nur sehr kleine Flächen beeinflusst werden – gerade in Hochmooren, die ja strikt geschützt sind. Bragazza und Buttler setzen darum auf einen ganzen Strauss von methodischen Ansätzen.

Im Jura und in den Alpen untersuchen sie Moore in unterschiedlichen Höhenlagen. In tiefen Lagen ist es verhältnismässig warm, und die Nieder-



Alexandre Buttler (links) und Luca Bragazza (rechts) nehmen eine Bodenprobe, um zu erforschen, wie der Klimawandel Hochmoorböden von Kohlenstoffsinken in Kohlenstoffquellen verwandelt.

schläge sind relativ gering. Die Verhältnisse entsprechen also denen, die aufgrund des Klimawandels voraussichtlich in einigen Jahrzehnten in höheren Lagen herrschen werden. Der räumliche Gradient dient als Modell für die zeitliche Entwicklung von Mooren unter veränderten Klimabedingungen. Das gilt auch für die Untersuchungsflächen in polnischen und sibirischen Mooren, wo die WSL in Kooperation mit regionalen Partnern untersucht, ob unsere von eher ozeanischem Klima geprägten Moore anders auf Erwärmung reagieren als Moore in kontinentalem Klima. «In Polen arbeiten wir dafür mit einem Professor zusammen, der einst Postdoc bei uns in Lausanne war», sagt Buttler stolz. In noch kontinentalerem Klima, 2600 Kilometer beziehungsweise drei Flugstunden östlich von Moskau, liegt in Sibirien das Moor Mukhrino. Buttler und Bragazza verlegten zusammen mit französischen und russischen Kollegen eigenhändig kilometerlange Kabel, zimmerten Bretterstege und schraubten Open-Top-Kammern zusammen; ein russischer Forscher brachte die Moorbodenproben per Zug und mit dem Auto nach Frankreich – eine mehrtägige Fahrt, von der die Mitteleuropäer erst erfuhren, als der Russe mitsamt immer noch gefrorenen Proben vor der Tür stand. Sie werden zurzeit ausgewertet.



Auch ohne diese Auswertungen steht dank Frühwarnsystemen wie Le Forbonnet bereits fest: Der Klimawandel verändert – bedroht – Hochmoore. Die WSL-Forscher wollen nun die genauen Mechanismen verstehen. «Das Verrückte ist, dass der Klimawandel Prozesse im Moorboden auslöst, welche die Kohlenstofffreisetzung noch verstärken», erklärt Bragazza. «Diese Prozesse beruhen auf einem komplexen Zusammenspiel von verschiedenen Pflanzenarten, Pilzen, Bakterien und abiotischen Faktoren. Wir brauchen biochemische Analysen von Proben aus dem Feld und aus Experimenten im Labor, um sie im Detail nachzuvollziehen.»

### **Hochmoore und Klimawandel beeinflussen sich gegenseitig**

So wachsen zum Beispiel vermehrt Pflanzen aus der Familie der Erika-Gewächse. Die Zwergsträucher senken den Wassergehalt des Moorbodens. Da sie im Gegensatz zu den wurzellosen Torfmoosen zum Teil lange Wurzeln haben, leidet ihre Wasserversorgung dabei nicht. Zusätzlich sondern sie aus den Wurzeln Stoffe ab, welche zusammen mit dem Sauerstoff aus der Luft den Abbau des Torfs fördern. Und sie bringen ihre «Lebensgefährten» mit: Mykorrhizapilze. Mit deren Hilfe können sie Nährstoffe wie Stickstoff effizient erschliessen, schneller wachsen und die konkurrenzschwachen Torfmoose verdrängen. Das verstärkt ihren Einfluss und damit auch den primären Einfluss des Klimawandels: Das Moor setzt noch mehr Kohlendioxid frei, was den Treibhauseffekt weiter anheizt ... Eine positive Rückkoppelung, wie Wissenschaftler solche selbstverstärkenden Prozesse nennen. Oder eine Abwärtsspirale, wie Laien sagen würden.

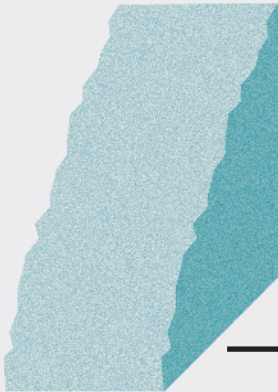
Was bedeutet das alles für Le Forbonnet? Wird es in hundert Jahren noch in der Sonne glitzern und nordische Stimmung in den Jura zaubern? Nachdenklich verräumen Buttler und Bragazza ihre Instrumente. «Das hängt davon ab, ob man die Bäume fällt oder nicht», gibt Buttler zu bedenken. Vor hundert Jahren wäre diese Antwort sinnlos gewesen, es hätten kaum Bäume wachsen können. Heute und in Zukunft schon. Das Frühwarnsystem schlägt bereits stumm Alarm.

*(bio)*

Wanderung in eine  
Moorlandschaft auf:  
[www.wsl.ch/more/  
wandern](http://www.wsl.ch/more/wandern)

# INFOGRAFIK Mykorrhizapilze stabilisieren den Boden

Bodenerosion und Hangrutschungen lassen sich häufig mit naturnahen Methoden verhindern. Die WSL untersucht, welche Rolle die Mykorrhizapilze als Bodenbauer und Pflanzenernährer spielen.



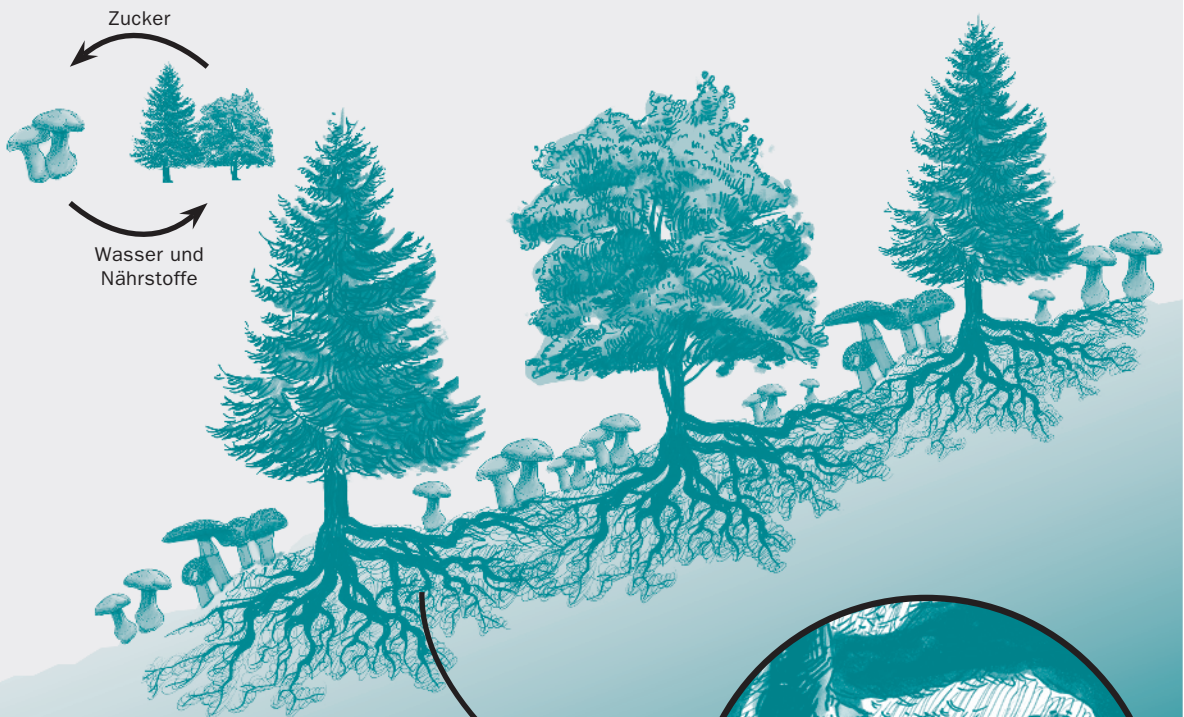
**HANGRUTSCHE** hinterlassen oft karge Böden. Sie sind dem Wetter ungeschützt ausgeliefert und drohen weiter abzurutschen.



**MIT** Mykorrhizapilzen kann sich schneller eine schützende Vegetationsdecke etablieren.



**OHNE** Mykorrhizapilze siedeln sich nur langsam neue Pflanzen an.



## WIE WIRKEN MYKORRHIZAPILZE?

Die Pilze durchdringen mit langen Fäden den Boden und scheiden eine Art Kitt aus, der den Boden verfestigt. Sie bilden zudem gemeinsam mit den Pflanzen eine Wurzelsymbiose. Die Pilze helfen den Pflanzen, genügend Wasser und Nährstoffe aufzunehmen, und erhalten im Gegenzug Zucker. So beschleunigen die Pilze die Ansiedlung und das Wachstum von Pflanzen.



# DOPPELPASS Warum wird der Bodenschutz immer wichtiger? Im Gespräch mit Gaby von Rohr, Kanton Solothurn, und Stephan Zimmermann, WSL.

## **Frau von Rohr, was bedroht unsere Böden?**

von Rohr: Es gibt chemische, physikalische und biologische Belastungen, denen die Böden ausgesetzt sind. Im chemischen Bereich können Schadstoffe in den Boden gelangen. Physikalisch bedeutet, dass Böden verdichtet werden oder Erosion einsetzt, also Humus und Mineralboden verfrachtet werden. Zu den biologischen Risiken gehören pathogene und gentechnisch veränderte Organismen. Darum steht im Umweltschutzgesetz und in der relevanten eidgenössischen Verordnung über Belastungen des Bodens, dass der Boden vor chemischen, physikalischen und biologischen Belastungen zu schützen sei.

## **Wie weit ist die Gesetzgebung in der Schweiz im Vergleich mit dem Ausland?**

Zimmermann: Die Schweiz hat ihre Umweltschutzgesetzgebung sehr früh entwickelt, und sie hatte lange Zeit eine Vorreiterrolle in Europa. Heute ist beispielsweise in Deutschland der Umweltschutz gesetzlich ähnlich weit wie in der Schweiz.

von Rohr: Im physikalischen Bodenschutz sehe ich die Schweiz immer noch in einer Vorreiterposition.

**Trotzdem ist die Ökologie vieler Böden gestört. Wie können wir sie wieder in ein Gleichgewicht bringen?**

Zimmermann: Böden entwickeln sich, befinden sich in einem sogenannten Fließgleichgewicht. Ein rein statisches Gleichgewicht gibt es nicht, in dem über lange Zeit alles gleich bleibt. Nehmen wir beispielsweise den Eintrag von Substanzen, die den Prozess der natürlichen Bodenversauerung verstärken. In Deutschland bringt man zum Beispiel an verschiedenen Orten Kalk im Wald aus, damit die Böden nicht weiter versauern. Das nützt jedoch nur in den obersten Zentimetern etwas, in tieferen Bodenschichten kann der Kalk zu einem Versauerungsschub führen. Die beste Massnahme gegen die Versauerung wäre, die Emissionen der Schadstoffe an der Quelle zu reduzieren.

von Rohr: In ein ursprüngliches Gleichgewicht wird ein bewirtschafteter Boden kaum zurückkommen. Wichtig ist, Massnahmen zu ergreifen, um irreversible Schäden zu verhindern. So kann man Bodenverdichtung vorbeugen, indem man vor einem Einsatz von landwirtschaftlichen Fahrzeugen die Verdichtungsgefahr und die Wirkung von Schutzmassnahmen berechnet.

## **Wie unterstützt Ihr Kanton die Bodenbewirtschaftler darin, die Bodenqualität zu verbessern?**

von Rohr: Im Bodenschutz müssen wir grundsätzlich vorsorglich handeln. Darum informieren und beraten wir und erarbeiten Grundlagen und Broschüren für ein bodenschonendes Verhalten in der



Gaby von Rohr, stv. Leiterin der Abteilung Boden im Amt für Umwelt, Kanton Solothurn



Stephan Zimmermann, Mitarbeiter der Forschungseinheit Waldböden und Biogeochemie





Bodenschutzkurse geben Fachleuten aus der Praxis Einblicke in Eigenschaften und Empfindlichkeiten von Waldböden.

Bau-, Land- und Forstwirtschaft. Ein wichtiges Hilfsmittel ist unser Bodenmessnetz. Wer die aktuellen Angaben zur Bodenfeuchtigkeit berücksichtigt, wird Böden nicht unter zu nassen Bedingungen bearbeiten und verdichten. Weiter stellt der Kanton im Internet Bodenkarten zur Verfügung. Diese weisen unter anderem auf das Verdichtungsrisiko der verschiedenen Böden hin. Einige Forstbetriebe haben diese Karten in ihr Betriebs-GIS übernommen.

### Welche Möglichkeiten hat die Forschung, den Bodenschutz zu verbessern?

Zimmermann: Wir untersuchen, welche Einflüsse sich wie stark auf den Boden auswirken, definieren kritische Grenzwerte, bis zu denen keine Schäden zu erwarten sind. Wir arbeiten unser Wissen dann so auf, dass es umgesetzt werden kann, beispielsweise in Kursen

für Forstmaschinenführer. Wichtig sind auch Fragen zur Versauerung oder zum Nährstoffhaushalt, aktuell steht hier Phosphor im Fokus. Dieses wichtige Nährelement könnte zur Neige gehen, weil die Lagerstätten für mineralische Dünger langsam ausgehen. von Rohr: Das WSL-Merkblatt zum physikalischen Bodenschutz ist für uns enorm wertvoll, es ist ein Leitfaden und wird von der Praxis als Entscheidungshilfe breit akzeptiert.

### Wie sieht die Bodenbelastung im Wald aus? Was sind die grössten Probleme?

Zimmermann: Im Wald sieht es besser aus als in der Landwirtschaft. Das hängt mit dem Verbot des Einsatzes von Hilfsstoffen wie Dünger oder Pflanzenschutzmitteln zusammen, aber auch mit der Luftreinhaltung, die laufend besser wird. Nach jahrelanger

Mehr Informationen zum Thema Bodenschutz auf: [www.wsl.ch/more/bodenschutz](http://www.wsl.ch/more/bodenschutz)



Fahrspuren im Wald sind nicht immer zu vermeiden. Die Beeinträchtigung des Bodens lässt sich jedoch durch geeignete Massnahmen begrenzen.

Ausführliches  
Interview auf:  
[www.wsl.ch/more/  
interview-boden](http://www.wsl.ch/more/interview-boden)

Forschung, Information und Weiterbildung wird auch der physikalische Bodenschutz besser. Vor allem deswegen, weil sich der Maschineneinsatz bei der Holzernte vermehrt auf die Rückegassen konzentriert, auf denen gefällte Bäume bis zur Waldstrasse transportiert werden.

**Und in der Landwirtschaft?  
Hat die Schweiz die Belastung  
durch Dünge- und Spritzmittel  
im Griff?**

von Rohr: Im Bereich Landwirtschaft beschäftigen wir uns v. a. mit den physikalischen Belastungen. Landwirtschaft ist nicht möglich, ohne in den Boden einzugreifen. Durch die immer intensivere Bewirtschaftung werden landwirtschaftliche Böden aber zunehmend stärker strapaziert. Über den Einfluss von Pflanzenschutzmitteln auf die Bodenbiologie wissen wir noch zu wenig, diesbezüglich ist der Boden eine Terra inkognita.

**Landwirtschaftsland muss  
weiterhin Siedlungen und Strassen  
weichen. Hat der Bodenschutz  
hier versagt?**

von Rohr: Nein, der qualitative Bodenschutz hat in diesen Fragen keinen Einfluss. Zuständig ist die Raumplanung. Der Landverbrauch ist ein Problem, er nimmt schneller zu als die Bevölkerung. Gemäss neusten Zahlen des Bundesamtes für Statistik wird landesweit pro Sekunde 1,1 m<sup>2</sup> Landwirtschaftsland überbaut, im Mittelland sogar 2,2 m<sup>2</sup>. Die Ansprüche der Gesellschaft sind zu hoch. Hier muss die Raumplanung bzw. die Politik ansetzen.

Zimmermann: Im Rahmen des NFP 68 «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» ist eine Entscheidungsplattform für eine nachhaltige Bodennutzung in Arbeit, an deren Entwicklung die WSL beteiligt ist. Mit dieser Plattform wird dargestellt, wie sich verschiedene



Nutzungen auf Bodeneigenschaften und -funktionalitäten auswirken. Solche Instrumente können Lernprozesse auslösen, die zum schonenden Umgang mit dem Boden führen.

**Welche Möglichkeiten gibt es, den Bodenverbrauch zu senken?**

von Rohr: Rechtlich bestehen Möglichkeiten in der Ortsplanung und den Bauvorschriften der Gemeinden. Z. B. könnte die Beschränkung der Geschosshöhen abgebaut und vermehrt in die Höhe, statt in die Breite gebaut werden.

**Werden sich die Nutzungskonflikte um den Boden in den nächsten 10 bis 15 Jahren verschärfen?**

von Rohr: Ja, auf jeden Fall. Der Boden leidet mehrfach: Je mehr Boden verloren geht, desto stärker wird der Nutzungsdruck auf den verbleibenden Boden und damit auf seine Qualität. Dies wirkt sich auch auf das Trinkwasser aus. Und wenn nun richtigerweise die Fruchtfolgeflächen besser geschützt werden, nimmt der Druck auf Nicht-Fruchtfolgeböden zu.

**Braucht es also mehr Bodenschutz, vielleicht auch mehr Forschung?**

von Rohr: Als Anwälte des Bodens wird es unsere Fachstelle mit Sicherheit auch in Zukunft brauchen. Die Menschheit ist abhängig von den Dienstleistungen, die Böden liefern. Es braucht also den Bodenschutz. Und weil es in dieser Hinsicht noch viele offene Fragen gibt, sind wir auf praxisrelevante Forschungsergebnisse und

damit auch auf die Zusammenarbeit mit der WSL angewiesen, die ihre Forschung auch auf Praxisbedürfnisse ausrichtet.

Zimmermann: Es wird weiterhin einen aktiven Bodenschutz brauchen. Die Nutzungskonflikte werden zunehmen, der Druck auf den Boden ebenfalls. In der Bodenbiologie können wir mit neuen Methoden erkennen, wie einzelne Bodenprozesse funktionieren. Der Boden ist das Kompartiment auf unserem Planeten, das die grösste Biodiversität aufweist. Ich sehe als eine unserer Kernaufgaben, dass wir Fragen erforschen, die der Praxis und damit der Gesellschaft nützen. *(rlä)*

**«Der Boden ist das Kompartiment auf unserem Planeten, das die grösste Biodiversität aufweist.»**

# LANGFRISTIGE WALDÖKOSYSTEMFORSCHUNG Ein Blick in den Boden – Bodenwasser und Waldwachstum sind eng miteinander verknüpft

«Der Waldboden ist bis in 50 cm Tiefe ziemlich ausgetrocknet», sagt Elisabeth Graf Pannatier, Bodenforscherin an der WSL. Es ist Frühling in einem Laubmischwald des Lägeren-Höhenzugs bei Wettingen (AG). Der Duft frischen Bärlauchs liegt in der Luft. An tief hängenden Buchenzweigen entfalten sich die ersten Blätter. Über eine graue Kunststoffkiste gebeugt, kontrolliert die Forscherin drei Glasflaschen auf die Wassermengen. Zwei dieser sogenannten Lysimeter enthalten fast keine Flüssigkeit. Wäre der Boden in 15 und 50 cm Tiefe feuchter gewesen, hätten die Sammelgeräte aufgrund des angelegten Vakuums Wasser aus dem Boden gesogen. In der dritten Flasche hingegen befinden sich etwa zwei Deziliter leicht gelbliches Bodenwasser aus 80 cm Tiefe. «Der Unterboden ist trotz Regenmangel immer noch feucht», sagt die Forscherin. «Hier Bodenproben zu nehmen, wäre destruktiv. Mit diesen fest installierten Sammlern können wir Bodenwasser langfristig immer am gleichem Ort entnehmen und im Labor der WSL chemisch analysieren.» Von grosser Bedeutung sind die im Wasser gelösten Nährstoffe, denn sie wirken sich auf das Wachstum der Bäume aus.

## **Ein Netz von Untersuchungsflächen**

Auf der Beobachtungsfläche Lägeren erfassen Forschende im Minuten- bis Stundentakt den Puls des Waldes. Dieses Untersuchungsgebiet gehört zum Forschungsprogramm Langfristige Waldökosystemforschung LWF, das die WSL als Teil des Programms Waldbeobachtung Schweiz mit dem Bundesamt für Umwelt durchführt. Die schweizweit 19 LWF-Flächen repräsentieren die wichtigsten Waldgesellschaften und Regionen, die Vielfalt der Böden und die unterschiedlichen Luftbelastungen, denen Wälder hierzulande ausgesetzt sind.

Auf den meisten Flächen untersuchen die Forschenden seit 1994, wie verschiedene Umweltbelastungen wie Luftschadstoffe oder Sturmschäden und extreme Trockenperioden den Wald mitsamt seinem Boden verändern. Zu Beginn haben sie den chemischen Zustand der Böden festgehalten; seitdem messen sie Menge und Zusammensetzung des Niederschlags, bevor er in den Boden einsickert, und analysieren in Sammelbehältern aufgefangene Blätter und Nadeln im Labor. So erfahren sie, welche Nährstoffe zurück in den Boden gelangen. In regelmässigen Abständen erheben sie auch andere wichtige Kenngrössen, zum Beispiel Saftfluss und Durchmesserchwankungen von Baumstämmen, und sie messen meteorologische Werte wie Lufttemperatur und Sonnenstrahlung. Von grossem Wert sind die Häufigkeit der Messungen und die Beobachtungsdauer über mehr als 20 Jahre.

## **Den Wald als Ganzes erfassen**

Wer Elisabeth Graf Pannatier beim Kontrollieren der Messgeräte im Wald beobachtet, spürt ihr grosses Interesse an den im Boden ablaufenden Prozessen und dessen Wechselbeziehungen mit den Bäumen und ihrer Umwelt. «Wir sind



Elisabeth Graf Pannatier kontrolliert die aus den Lysimetern gesaugte Wassermenge.

jetzt in der Intensiv-Fläche», sagt die Forscherin, «hier messen wir auf einem Raster von 16 Teilflächen mehrmals die gleichen Faktoren. Die vielen Einzelmessungen zeigen dann die räumliche Variabilität, und die Durchschnittswerte sind repräsentativ für die ganze Fläche.» Wenn die Forschenden all diese Informationen über mehrere Jahre wie Puzzleteile zusammensetzen, können sie beurteilen, ob Veränderungen für die untersuchte Fläche gelten. Einzelne Messreihen zeigen bereits langfristige Trends, lassen beispielsweise Zusammenhänge zwischen der chemischen Qualität des Niederschlags und des Bodenwassers erkennen. So ist in den letzten zehn Jahren die Sulfatkonzentration im

Informationen zum  
Forschungspro-  
gramm Langfristige  
Waldökosystem-  
forschung LWF auf:  
[www.lwf.ch](http://www.lwf.ch)



Bodenwasser aufgrund der besseren Luft deutlich zurückgegangen. Dank der Herabsetzung des Schwefelgehalts in den fossilen Brennstoffen der industriellen Feuerungs- und Heizungsanlagen sanken auch die Emissionen von Schwefeldioxid ab 1980 massiv. Die Stickstoffeinträge über die Luft hingegen sind weiterhin hoch und führen im Boden oft zu hohen Nitratkonzentrationen. Nährstoffverluste sind die Folge, denn das im Bodenwasser gelöste Kalzium, Magnesium und Kalium gelangt mit dem Nitrat ins Grund- oder Hangwasser und geht so dem Waldökosystem verloren. Dies kann dazu führen, dass der Boden schleichend verarmt, was das Pflanzenwachstum beeinträchtigt.

Die Forschenden der WSL liefern viele dieser nach international standardisierten Methoden erhobenen Daten ins Ausland – die meisten davon im Rahmen des europäischen Programms zur Beurteilung und Beobachtung der Auswirkungen von Luftschadstoffen auf den Wald (ICP Forests). Gleichzeitig kann die LWF-Forschung auf Daten von rund 800 Messstellen in ganz Europa zugreifen. «So können wir die in der Schweiz festgestellten Trends mit jenen in anderen Regionen vergleichen», freut sich die Bodenforscherin.

### **Vom Bodenwasser auf das Baumwachstum schliessen**

Dank der technischen Entwicklung bringen neue Bodenmessgeräte stetig mehr Licht ins Dunkel der Waldböden. «Während des trockenen Sommers 2003 konnten wir nicht messen, wie viel Wasser für die Bäume noch verfügbar war. Der Boden war dort so trocken, dass der Messbereich der klassischen Tensiometer, welche die Saugspannung im Boden erfassen, überschritten war», erklärt die Bodenspezialistin. «Heute jedoch stehen uns elektronische Bodensensoren zur Verfügung.» Damit können die Forschenden in viel trockenerem Bereich messen und untersuchen, ab welcher Trockenheit im Boden die Bäume ihr Wachstum einstellen. Das ist eine wichtige Information im Hinblick auf den Klimawandel, da Trockenheit und Hitzewellen häufiger auftreten dürften.

Nicht zuletzt auch dank der Forschung auf den LWF-Flächen erfahren die Wissenschaftler in den letzten zwei Jahrzehnten massgeblich Neues darüber, wie sich Schadstoffe, Trockenheit und Klimawandel auf Waldökosysteme auswirken. «Wir gehen davon aus, dass wir noch viel mehr über das Bodenleben und die dort ablaufenden Stoffwechselprozesse erfahren werden. Damit stossen wir in Neuland vor, und das ist für mich als Bodenforscherin faszinierend», meint Elisabeth Graf Pannatier begeistert und verschliesst die letzte Kiste mit den Lysimetern des heutigen Kontrollgangs. (rlä)

A man with short brown hair and glasses, wearing a blue t-shirt and dark jeans, is sitting on a wooden pier. He is smiling and looking towards the right. The background shows a calm lake with green hills in the distance. In the foreground, there are green reeds or grasses that are slightly out of focus.

Dominik Bröddlin,  
Birmensdorf

«Ich bin im Markgräflerland im Dreiländereck Deutschland, Frankreich, Schweiz aufgewachsen. Die Natur im und am Wasser faszinierte mich schon immer, in meiner Jugend war ich viel am Altrhein unterwegs. Den Türlerseemag ich sehr. Er ist viel naturnaher und ruhiger als der Zürichsee.»

#### MANGELWARE PHOSPHOR

Phosphor ist ein wichtiger Nährstoff für Pflanzen, der in der Natur nur begrenzt vorkommt. Dominik Bröddlin untersucht in seiner Doktorarbeit an der WSL, wie der in Bodenlösungen vorkommende organisch gebundene Phosphor dem

Ökosystem zur Verfügung steht. «An meinem Projekt gefällt mir, dass ich mit Forschenden verschiedenster Institutionen in Deutschland zusammenarbeiten und mich mit anderen Doktoranden austauschen kann.»



# BIODIVERSITÄT Bergahornweiden – einer traditionellen Kulturlandschaft auf der Spur



Um zu untersuchen, welche Arten auf Bergahornen wachsen, hat Thomas Kiebacher insgesamt über 20 000 Moos- und Flechtenproben gesammelt.

Der Mann, der wie Tarzan im Baum herumturt, heisst Thomas Kiebacher. Kiebacher hat sich Bergahornbäumen verschrieben, genauer gesagt Bergahornweiden – einer traditionellen Kulturlandschaft unserer Alpen. Der Biologe erforscht in seiner Doktorarbeit die Biodiversität und Kulturgeschichte dieser Lebensräume. Während zwei Jahren untersuchte er stichprobenartig den Moos- und Flechtenbewuchs von 90 Bäumen in der Schweiz, in Deutschland und Österreich. Ausserdem nahm er die Bodenvegetation darunter unter die Lupe und befragte 22 Zeitzeugen über ihre Erfahrungen mit Bergahornweiden.

Erste Resultate zeigen: Frei stehende Bergahorne sind wahre Biodiversitäts-Hotspots; bis zu über 100 verschiedene Moos- und Flechtenarten wachsen auf einem einzigen Baum, darunter auch zahlreiche sehr seltene und gefährdete Arten wie das Rudolphs Trompetenmoos (*Tayloria rudolphiana*). Auf den Weideflächen unter den Bäumen fand Kiebacher insgesamt 264 Moosarten, was rund einem Viertel aller in der Schweiz bekannten Arten entspricht.

## Moos- und Flechteneldorado erhalten

Früher spielten Bergahornweiden auch wirtschaftlich eine wichtige Rolle. Im Reichenbachtal (BE) zum Beispiel wurde das Recht, das Laub als Einstreu in Ställen zu verwenden, jährlich versteigert. Heute droht diesen parkartigen Weiden dasselbe Schicksal, wie anderen traditionellen Kulturlandschaften – wegen Über- oder Unternutzung verschwinden sie zunehmend. Dies soll sich ändern. Kiebacher: «Wir werden unsere Resultate in einem Buch im Rahmen der Bristol-Schriftenreihe einem breiteren Publikum vorstellen. So sollen der bislang vernachlässigte Lebensraum und seine Organismen mehr Aufmerksamkeit erhalten.» Bereits heute läuft, angestossen durch die Arbeit von Kiebacher, im Naturpark Diemtigtal (BE) ein Erhaltungsprojekt für die Bergahornweiden. Durch das Buch erhofft sich der Forscher, dass noch weitere dazukommen. (chu)



# Was Steinbockhörner über veränderte Umweltbedingungen verraten

Mit bewährter Technik neue Objekte untersuchen: Jahrringforscher analysierten für einmal nicht Bäume, sondern Hörner des Alpensteinbocks. Ein internationales Team unter WSL-Leitung konnte dabei auf einen weltweit einmaligen Datensatz zurückgreifen. Das Amt für Jagd und Fischerei Graubünden misst seit 1978 bei jedem geschossenen Steinbock nicht nur die Gesamtlänge der Hörner, sondern auch die jährlichen Zuwachsraten, also um wie viel die Hörner jedes Jahr gewachsen sind. Ulf Büntgen, Leiter der WSL-Studie zum Alpensteinbock: «Für uns ist dieser Datensatz Gold wert. Er zeigt einmal mehr, wie wichtig lange Messreihen in der Umweltforschung sind.»

## Frühlingstemperaturen bestimmen das Hornwachstum

Die Forschenden analysierten die Daten von über 8000 Steinböcken aus acht räumlich getrennten Populationen. Dabei zeigte sich, dass die Hörner in Jahren mit warmen Frühlingen mehr wuchsen als unter kälteren Bedingungen, und zwar unabhängig vom Alter der Tiere. Dies deutet auf einen grossräumigen Umweltfaktor hin, der das Hornwachstum beeinflusst: die europäische Grosswetterlage. Dank höheren Frühlingstemperaturen zwischen März und Mai schmilzt der Schnee

heute oft früher als vor 30 Jahren. Dadurch profitieren die Steinböcke von einem grösseren Nahrungsangebot und einer besseren Qualität der Gräser und Kräuter. Die Tiere können so in Jahren mit früher Schneeschmelze mehr ins Hornwachstum investieren.

Nun untersuchen die Forschenden anhand des Datensatzes, ob noch weitere Faktoren die Entwicklung der Hörner und die körperliche Verfassung der Tiere beeinflussen, wie zum Beispiel die Art der Bejagung. (lbo)



Die Hörner des Alpensteinbocks sind ein wichtiger Indikator für die Umweltbedingungen, unter denen ein Tier lebt.

## WALD Pflege in jungen Laubmischwäldern fördert die Baumartenvielfalt

Je vielfältiger ein Wald, desto besser ist er gegen den Klimawandel gewappnet. Fällt eine Baumart aus, kann eine andere deren Funktion übernehmen. Aber wie kann ein Förster die Zusammensetzung der Baumarten in einem bestehenden Wald beeinflussen, und wie viel soll in die Pflege eines jungen Mischwalds investiert werden?

Die WSL untersuchte in einem jungen Laubmischwald bei Diessenhofen (TG) zwischen 2003 und 2014, wie wirksam verschiedene Verfahren der Jungwaldpflege sind. Auf der sieben Hektaren grossen Versuchsfläche testeten die Forschenden drei in ihrer Intensität abgestufte Pflegevarianten, von einer aufwendigen Jungwaldpflege auf der ganzen Fläche bis zur Variante ohne Pflegeeingriffe. Dazu markierten sie insgesamt

480 Zukunftsbäume – Bäume mit erwünschten Eigenschaften – und verfolgten deren Entwicklung.

Die Pflegevariante hatte keinen Einfluss darauf, wie gut die Bäume wuchsen. Doch konkurrenzschwache Baumarten wie die Eiche fielen ohne Pflege öfter aus, als wenn man ihnen durch Entfernen von Nachbarbäumen die Konkurrenz vom Leibe hielt. Je intensiver die Pflege war, desto eher liessen sich vorhandene Mischbaumarten erhalten, darunter solche, die ein wärmeres und trockeneres Klima ertragen. *(lbo)*

[www.wsl.ch/morel/jungwaldpflege](http://www.wsl.ch/morel/jungwaldpflege)



Ein Kirschbaum, dessen Entwicklung die WSL auf der Versuchsfläche in Diessenhofen (TG) während 11 Jahren verfolgte.



# Wann kommt der Käfer ins Schwärmen? Prognose der Borkenkäferentwicklung am Bildschirm

Wann beginnen die überwinterten Borkenkäfer in meinem Forstrevier auszufliegen? Ab wann entwickeln sich die Larven der nächsten Generation unter der Fichtenborke, wann ist mit einer zweiten Generation zu rechnen? Antworten auf diese Fragen erhielt man bis vor Kurzem nur durch stetiges Beobachten und langes Pirschen im Wald.

Nun lassen sich mit der neuen Borkenkäferprognose der WSL Zeit und Kosten einsparen. Auf der Basis tagesaktueller Wetterdaten und eines Modells der Borkenkäferentwicklung sieht man am Bildschirm quasi live, wie sich im Frühling und Sommer der Käferflug in einer bestimmten Höhenlage und Exposition entwickelt oder wie die Käferprognose bis zum Winterbeginn aussieht. Diese



Brutbild des Buchdruckers (*Ips typographus*), auch Grosser achtzähliger Fichtenborkenkäfer genannt, unter der Borke einer Fichte.

Informationen ergänzen das Monitoring der Forstleute und unterstützen ihr Käfermanagement. (rlä)

[www.borkenkaefer.ch](http://www.borkenkaefer.ch)

## Waldwissen.net – mit neuer App mobil ins nächste Jahrzehnt

Die simple Idee vor 10 Jahren: Der Forstpraxis das viele, aber verzelte Fachwissen aus der Forschung an einem leicht zugänglichen Ort bereitzustellen. Daraus geworden ist [www.waldwissen.net](http://www.waldwissen.net), mit mittlerweile gut 3200 Artikeln die wohl umfangreichste Website über den Wald in Europa. Waldwissen.net wird von der WSL und unterdessen sieben weiteren Waldforschungsinstituten aus Deutschland, Österreich und Frankreich betrieben. Die Webstatistik zeigt mit mehr als 200 000 Nutzern pro Monat nicht nur erfreulich hohe Zugriffszahlen. Sie macht auch deutlich, dass heute über ein Drittel mobil

auf [waldwissen.net](http://waldwissen.net) zugreift. Um dieser Entwicklung gerecht zu werden, wurde [waldwissen.net](http://waldwissen.net) zum 10-jährigen Bestehen für Tablets und Smartphones optimiert, eine App (iPhone und Android) informiert den Smartphone-Benutzer auch unterwegs über neue Artikel. In der App lassen sich die Beiträge gut lesen, dank der Speicherfunktion kann man aber auch erst auf die Artikel zugreifen, wenn man am Desktop-Computer sitzt. Die Waldwissen-App ist gratis und wartet darauf, erkundet zu werden. (mmo)

[www.wsl.ch/more/waldwissen](http://www.wsl.ch/more/waldwissen)

# LANDSCHAFT Fallstudie erneuerbare Energien: Der Kanton Aargau als Modellfall für die bevorstehende Energiewende



Fotovoltaikanlage auf der Dachfläche eines Landwirtschaftsbetriebs in Kallern (AG).

Die Schweiz hat im Rahmen der Energiestrategie 2050 beschlossen, den gesamten Energieverbrauch zu senken, vermehrt Strom aus erneuerbaren Energien zu erzeugen und aus der Kernenergie langfristig auszustiegen. Dies betrifft den Kanton Aargau in besonderem Masse. Denn mit Beznau I und II sowie Leibstadt stehen hier drei der fünf Schweizer Kernkraftwerke.

Doch welches Potenzial haben die erneuerbaren Energien im Kanton Aargau? Die WSL hat dies zusammen mit dem Kanton sowie der AEW Energie AG und dem Paul Scherrer Institut PSI in einer Gesamtschau dargelegt. Eine zentrale Frage war, welche Rolle lokale Ressourcen wie das Waldenergieholz in Zukunft spielen könnten.

Mehrere aargauische Datensätze (Energiestatistik, AGIS-Geodaten usw.) zeigten, dass im Aargau

heute gut 60 Prozent des kantonalen Strombedarfs aus lokalen erneuerbaren Energien gedeckt werden, ähnlich viel wie in der gesamten Schweiz. Die Wasserkraft hat dabei mit rund 2925 Gigawattstunden pro Jahr den grössten Anteil. Zusätzlich liessen sich pro Jahr rund 1100 Gigawattstunden Strom aus Sonnenenergie erzeugen, mittels Windenergie rund 50 und mit Kleinwasserkraftwerken rund 25.

## Grosse Energiereserven im Waldenergieholz

Energie aus Biomasse kann im zukünftigen Energiemix vor allem darum eine wichtige Rolle spielen, weil sich aus ihr Strom, Wärme und Treibstoffe bedarfsgerecht erzeugen lassen, also unabhängig von der Tages- und Jahreszeit. Der zusätzliche Strom, der bei der Verwertung von Biomasse entsteht, dürfte rund 145 Gigawattstunden betragen, wenn keine zusätzliche Wärme erzeugt und keine Treibstoffe hergestellt werden. Die grössten Energiereserven im Bereich der Biomasse sind im Waldenergieholz gespeichert.

Fazit: Der Kanton Aargau kann die Ziele der nationalen Energiestrategie in Bezug auf die Stromproduktion erfüllen, primär basierend auf erneuerbaren Energiequellen. Er gilt diesbezüglich als Modellfall für die Schweiz. (rlä)

[www.wsl.ch/more/energiestudie\\_aargau](http://www.wsl.ch/more/energiestudie_aargau)



# Wie will der Kanton Aargau mehr Strom aus erneuerbaren Ressourcen produzieren?

**Herr Morier, das Potenzial von Waldenergieholz in der Schweiz ist hoch. Was kann der Kanton tun, damit im Aargau mehr Energieholz aus dem Wald genutzt wird?**

Ob mehr Waldenergieholz genutzt wird, hängt vom Holzmarkt beziehungsweise vom Preis anderer Holzsortimente wie Laubstammholz oder Industrieholz ab. Letztlich muss sich die Energieholznutzung über den Preis regeln. Der Kanton kann und will nicht in den Holzmarkt eingreifen.

**Werden die Holzvorräte sinken, wenn der Kanton vermehrt Energieholz nutzt?**

Gemäss Landesforstinventar hat im Kanton Aargau zwischen 2004/06 und 2009/13 der gesamte Holzvorrat um rund 6 Prozent abgenommen. Will man den aktuellen Vorrat halten, müsste wegen der vermehrten Nutzung von Energieholz weniger Stammholz als bisher geerntet werden. Wird mehr Energieholz genutzt, ist dies für uns kein Argument, die Holzvorräte abzusenken.

**Was sagen Sie als Waldfachmann zu Windenergieanlagen im Wald?**

Windenergieanlagen müssen dort erstellt werden, wo die Windgeschwindigkeit genügend hoch ist. Nur so lohnt sich der Betrieb solcher Anlagen. Dies ist im Kanton Aargau auf den Hügelzügen der Fall. Im kantonalen Richtplan sind folgende Gebiete dafür ausgeschieden worden: Burg, Hochrüti, Hundsrugge, Lindenberg, uf em Chalt. Auf einem Gebiet mit offener Flur und Wald wird eine Wind-

energieanlage wegen des Rodungsverbotes in der Regel ausserhalb des Waldes gebaut werden.

**Und Sonnenenergie? An welchen Standorten soll sie produziert werden?**

Im Kanton Aargau liessen sich auf zahlreichen Dächern von Häusern, Scheunen und Industriegebäuden Solarpanels errichten. *(rlä)*



Holz lässt sich jederzeit und auf vielfältige Weise energetisch nutzen.



Alain Morier ist Leiter der Abteilung Wald des Departements Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau.

# NATURGEFAHREN Murgangforschung: Grosse Abbrüche oder kleine Rinnsale?



Die Umweltingenieurin Nicole Oggier beobachtet das Murganggebiet Meretschibach. Der obere Teil, der Bochtür, ist wegen Steinschlägen fast ständig in Staubwolken gehüllt.

Die Steilhänge des Bochtürs sind fast immer in eine Staubwolke gehüllt. Im oberen Einzugsgebiet des Meretschibachs im Wallis rutschen andauernd Kiesel, Geröll und Steine den Hang hinunter. Etwas weiter unten lagern sie sich ab, teils bis zu drei Meter hoch. Irgendwann setzen sich diese Geröllmassen wieder in Bewegung – eine Mure bahnt sich ihren Weg ins Tal.

«Uns interessiert, wann und wie ein solcher Murgang ausgelöst wird»,

erklärt Brian McArdeil, Leiter der Gruppe Massenbewegungen an der WSL. «Wie viel Geröll oder Wasser ist nötig, um den Prozess anzustossen? Brechen die Gesteinsmassen schlagartig ab, oder beginnt es mit einem kleinen Rinnsal, das immer mehr Steine mit sich reisst?»

## Grosses Interesse am Forschungsprojekt

Seit 2013 untersuchen McArdeil und seine Mitarbeiterin Nicole Oggier das Gebiet intensiv. Wetterstationen erfassen Daten wie Niederschlag und Schneehöhe. Radarmessungen zeigen, wo die Erosion besonders aktiv ist. Fernerkundungs-Daten vom Flugzeug oder von Drohnen aus aufgenommen liefern Informationen zu den Massenbewegungen. Der Meretschibach ist dabei besonders spannend, da dort die Prozesse aufgrund der stark zerklüfteten Felsen rund 100-mal schneller als andernorts ablaufen.

McArdeil fasst die ersten Ergebnisse zusammen: «Viele Rillen im Erosionsgebiet weisen darauf hin, dass Wasser einen Murgang ausgelöst hat. Das ist typisch für eher flache Hänge. In steilen Hängen kommt es dagegen oft zu plötzlichen Rutschungen, ähnlich einem Schneebrett. Das zeigt sich an grossen, einförmigen Flächen im Anrissgebiet.» Das Forschungsprojekt stösst im Wallis auf grosses Interesse, denn Murgänge im Meretschibach haben immer wieder zu Schäden in Briannen und Agarn geführt. (bzi)

[www.wsl.ch/more/meretschibach](http://www.wsl.ch/more/meretschibach)



# Gefährliche Schneeüberhänge: Tunnelportale für Strassenbenutzer sicherer machen

Am 1. Februar 2014 herrscht auf der A13 im Rheinwald Schneetreiben und stürmischer Wind. Spätnachmittags bricht ein rund zehn Kilogramm schwerer Schneeblock vom Nordportal des San-Bernardino-Tunnels ab und trifft einen vorbeifahrenden Personenwagen. Obwohl der heftige Aufprall das Fahrzeug stark beschädigt, kommen die Fahrzeuginsassen mit dem Schrecken davon. In der Folge beauftragt das Tiefbauamt Graubünden das SLF zu untersuchen, wie und an welchen Tunnelportalen sich solche Schneeüberhänge bilden, und mögliche Massnahmen vorzuschlagen, um Unfälle künftig zu vermeiden.

## Massnahmen für die fünf gefährlichsten Portale

Noch im selben Winter überprüften die Experten des SLF für alle 38 Tunnelportale an der A13 in Graubünden, wie gross die Gefahr für abbrechende Schneeüberhänge ist. «Schneeüberhänge entstehen entweder durch Wind, ähnlich wie eine Wechte, oder wenn sich der Schnee setzt», erklärt Stefan Margreth, Leiter der Forschungsgruppe Schutzmassnahmen am SLF. «Im Schnitt muss auf der A13 etwa alle 30 Jahre damit gerechnet werden, dass ein Fahrzeug von herabstürzendem Schnee getroffen wird.»

Fünf der untersuchten Tunnelportale stellten sich als besonders gefährlich heraus. Insbesondere bei diesen empfehlen die Experten deshalb, die Zugänge für das Personal zu verbessern, damit der überhängende Schnee im Rahmen des ordentlichen Winterdienstes manuell abgetragen werden kann. Zudem schlägt das

Gutachten vor, an den besonders kritischen Portalen Heizbänder zu installieren und auf dem Dach des San-Bernardino-Nordportals einen Zaun aufzustellen, damit sich der vom Wind verfrachtete Schnee nicht am Portal ablagert. Durch diese im Sommer 2014 bereits umgesetzten Massnahmen können weitere Unfälle hoffentlich verhindert werden. (mbe)

[www.wsl.ch/morellawinenschutz](http://www.wsl.ch/morellawinenschutz)



Von einer steilen Fläche über einem Tunnelportal kann Schnee auf die Strasse rutschen, so wie hier am Lukmanierpass.



Im Februar 2014 hat ein Schneeblock, der vom Nordportal des San-Bernardino-Tunnels abbrach, dieses Fahrzeug schwer beschädigt.

# SCHNEE UND EIS Expedition in Grönland: Mit Radar, SnowMicroPen und Wetterstationen der mehrjährigen Schneedecke auf der Spur



Das Swiss Camp ist gewissermassen das Hauptquartier des Wettermessnetzes auf dem grönländischen Eisschild.



Martin Schneebeli untersucht mit dem SnowMicroPen die Schneedecke neben einer Wetterstation.

Grönland im Mai: Es wird nie dunkel, und auf dem riesigen Eisschild im Landesinnern ist es verhältnismässig angenehme minus 20 Grad Celsius warm. Beste Voraussetzungen für WSL-Direktor Koni Steffen, seine Wetterstationen zu warten. Im Laufe der letzten 25 Jahre hat Steffen Grönlands erstes und einziges Wettermessnetz auf dem Eisschild aufgebaut. Es erlaubt Rückschlüsse auf das grönländische Klima und seine Veränderungen.

## Grönland taut

Die 20 Stationen befinden sich auf einem riesigen Eisschild – Grönland ist als grösste Insel der Welt fast 53-mal so gross wie die Schweiz; mehr



als vier Fünftel seiner Fläche sind eisbedeckt. Mitten auf diesem Eis steht auf 1100 Meter ü.M. das Swiss Camp, das Hauptquartier des Messnetzes. Als Steffen es errichtete, lag es auf der sogenannten Gleichgewichtslinie. Dort fällt und schmilzt übers Jahr betrachtet gleich viel Schnee. Aber der Klimawandel hat die Gleichgewichtslinie in die Höhe verschoben. Das demonstriert das auf langen Pfählen im Eis verankerte Camp fast eindrücklicher als die Temperaturmessungen: Alljährlich schmilzt ihm der «Boden» unter den Füßen weg; die Pfähle werden zu Stelzen, aufwendige Stabilisierungsarbeiten fallen an. Was lokal für die Forscher als Unannehmlichkeit spürbar wird, ist ein Phänomen von globaler Bedeutung. Jährlich verliert Grönland rund 350 Kubikmeter Eis – das ist etwa fünfmal so viel Eis, wie alle Alpengletscher zusammen noch umfassen. Durch das Schmelzwasser steigt der Meeresspiegel an; für Weltgegenden mit flachen Küsten eine immense Bedrohung.

Zurück nach Grönland: Steffens auf dem Eisschild verteilte Stationen senden ihre Wettermessungen das ganze Jahr hindurch stündlich via Satellitenverbindung an einen Server, wodurch die Daten praktisch in Echtzeit zur Verfügung stehen. Einmal im Jahr braucht es aber doch Menschen, die vor Ort zum Rechten schauen.

Diesen Mai begleiteten drei SLF-Schneeforscher Steffen auf seinen Flügen und Schneemobil-Touren zu den Stationen. Martin Schneebeli und Martin Proksch interessierten sich dabei für die teilweise mehrjährige Schneedecke. Sie gruben unzählige Schneeprofile und setzten vor allem den SnowMicroPen ein, eine SLF-Entwicklung, bei der sich eine Sonde mit einer äusserst druckempfindlichen Spitze in den Schnee bohrt

und den Eindringwiderstand misst. Schneebeli erklärt: «Anhand dieser Messungen prüfen wir, ob wir mit den Wetterdaten und unseren Computermodellen die Schneedecke so berechnen können, wie wir sie in der Natur angetroffen haben. Das würde uns helfen, die schneeklimatologische Entwicklung Grönlands zu verstehen.»

### **Radar im Schnee**

Auch Lino Schmid möchte der Schneedecke ihre Geheimnisse entlocken. Er hat an zwei Orten – im Swiss Camp und auf Summit, der auf 3216 Meter ü.M. gelegenen US-Forschungsstation – spezielle Radare installiert. Normalerweise durchleuchten sie die Schneedecke von unten, ohne sie zu zerstören. Im Swiss Camp musste Schmid sein Gerät jedoch auf den Kopf stellen: Weil seit dem Anstieg der Gleichgewichtslinie ja eben viel mehr Schnee schmilzt, als dazu kommt, hat er es hier auf einen Mast montiert und untersucht so die Schneedecke von oben. Und egal ob im Kopfstand oder nicht: Die beiden Radare sollen das ganze Jahr hindurch, also auch im rauen grönländischen Winter, regelmässig Informationen zur Schneedecke liefern, zum Beispiel zu den Schichten darin. «Eine wertvolle Ergänzung zu den Wetterdaten», stellt Steffen zufrieden fest. *(bio)*

[www.wsl.ch/more/groenland](http://www.wsl.ch/more/groenland)

A woman with short grey hair and glasses, wearing a purple and white striped t-shirt and dark pants, sits on a large, moss-covered rock by a river. She is looking towards the right, where a dense forest of green trees lines the opposite bank. The sky is clear and blue. The water in the river is a deep blue-green color. The foreground shows the texture of the mossy rock and the water's surface.

Heike Lischke, Birmensdorf

«Mir gefällt die wilde, ursprüngliche Natur und das dynamische Wechselspiel von Wasser und Wald beim Kloster Gnadenthal. Jedes Mal, wenn ich hierher komme, sieht die Flusslandschaft anders aus. Teils greift auch der Mensch ein. Erst vor wenigen Jahren wurde der Reussabschnitt hier renaturiert.»

#### ÖKOLOGIE IN RAUM UND ZEIT

Wie könnten sich Wald, Landschaft und Artenvielfalt in Zukunft entwickeln? Um die Frage zu beantworten, ist oft viel Mathematik nötig. Heike Lischke, Leiterin der Gruppe Dynamische Makroökologie, ist fasziniert davon, die Theorien in ihrem

Kopf in mathematische Formeln umzuwandeln, daraus Vegetationsmodelle zu entwickeln und damit der realen Ökologie näherzukommen. «Die Mathematik kann uns helfen, komplexe Prozesse in der Natur besser zu verstehen.»



A woman with shoulder-length brown hair, wearing a vibrant red long-sleeved top and dark pants, stands in a sunlit grassy field. Her right hand is on her hip, and she looks directly at the camera with a slight smile. The background features rolling green hills and mountains under a clear sky, with some buildings visible in the distance. The overall atmosphere is bright and natural.

Cornelia Accola-Gansner, Davos

«Dieser Platz in der Nähe eines Sessellifts symbolisiert das für mich Faszinierende an Davos: Er ist sowohl ländlich als auch touristisch. Da er nur rund 50 Meter von unserem Haus entfernt liegt, komme ich oft mit meinen Kindern hierher und genieße die wunderschöne Aussicht aufs Landwassertal.»

#### KOMMUNIZIEREN FÜR DIE ÖFFENTLICHKEIT

Cornelia Accola-Gansner arbeitet seit 15 Jahren in der Gruppe Kommunikation am SLF. An der Schnittstelle zwischen Forschung und Öffentlichkeit organisiert die Erdwissenschaftlerin Events, betreut Medien, führt Gruppen durchs

Haus oder beantwortet allerlei Anfragen, die täglich per Mail oder Telefon hereinkommen. «Da ich selber oft auf Skitouren in den Bergen unterwegs bin, liegt mir die Lawinenprävention besonders am Herzen.»

Mit ihrem Umweltbericht legt die WSL jedes Jahr offen, wie umweltverträglich sie wirtschaftet. Sie hat sich 2006 folgende Ziele gesetzt: Wir reduzieren den Stromverbrauch bis 2016 um 10 % pro Mitarbeiterin. Bis 2020 verringern wir ausserdem den Wärmebezug pro m<sup>2</sup> um 40 % und den Treibstoffverbrauch pro 100km um 20 %.

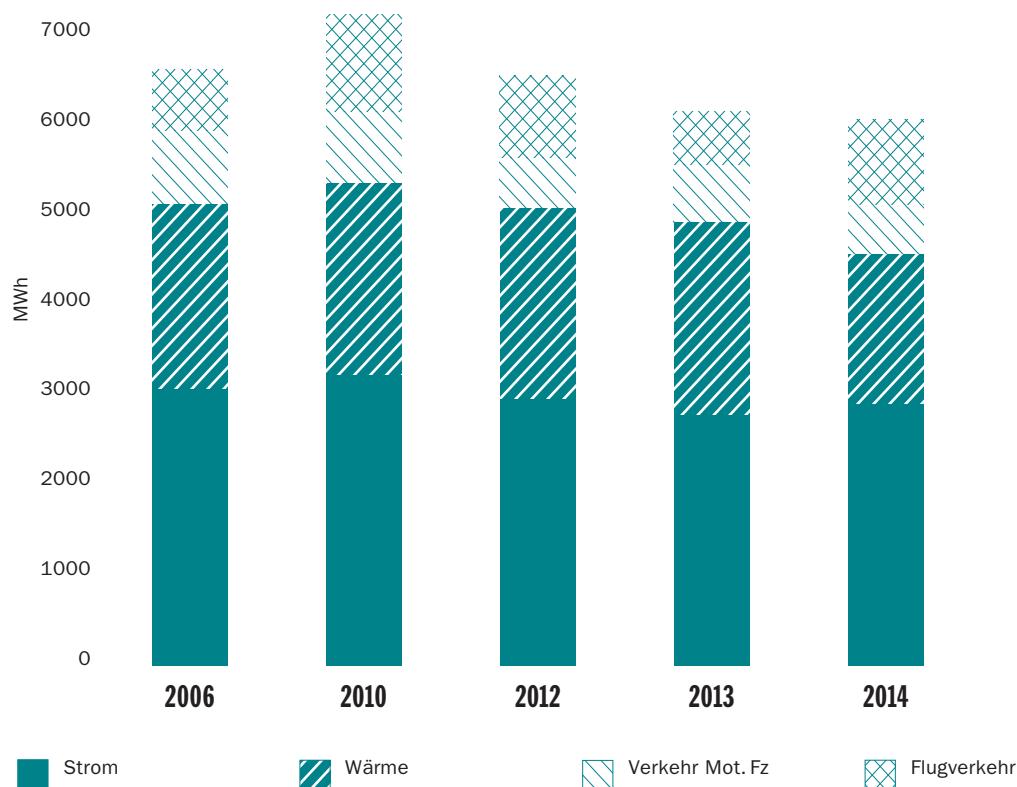
Bis jetzt ist die WSL auf Kurs, sie hat die für 2014 gesteckten Zwischenziele sogar übertroffen. So liegt der Wärmebezug 5 %, der Stromverbrauch 12 % und der Treibstoffverbrauch 21 % unter dem Zwischenziel für 2014. Von 2006 bis 2014 konnte die Forschungsanstalt die Energie-Effizienz pro Vollzeitstelle sogar um 40 % steigern.

Die WSL verbraucht Energie zum grössten Teil in Form von Strom (48 % Anteil am Gesamt-

energieverbrauch). Nachdem der absolute Stromverbrauch seit 2009 stetig abnahm, stieg er 2014 wieder leicht an. Grund dafür ist der Bau des neuen hoch technisierten Pflanzenschutzlabors, das 2014 nach Minergie-Eco-Standard erstellt wurde. Es ist das erste Hochsicherheitslabor in Holzbauweise in der Schweiz, die Abwärme des Gebäudes wird in das WSL-Netz eingespeist.

Die WSL verfolgt jedoch nicht nur ihre eigenen Ziele und Massnahmen, sondern beteiligt sich auch an verschiedenen Programmen aus dem Umwelt- und Energiebereich wie dem Ressourcen- und Umweltmanagementsystem der Bundesverwaltung RUMBA, bei Energie-Vorbild Bund und bei der Energieagentur der Wirtschaft EnAW. *(azu)*

**Energieverbrauch WSL total**







Die künstlich ausgelöste Lawine im Vallée de la Sionne liefert eine Unmenge von Daten. Sie dienen den Forschenden des SLF dazu, die Bewegungen in Lawinen besser zu verstehen.

Februar 2015: Im Vallée de la Sionne (VS) lösen Forschende des SLF in einem Grossversuch drei Lawinen aus. Der mit Messinstrumenten bestückte Mast mitten im Testgelände liefert wichtige Daten, um Geschwindigkeit, Druck oder Reichweite von Lawinen untersuchen zu können. Neben dieser Anlage betreibt die WSL weitere, weltweit einzigartige Versuchsanlagen im Gelände, wo die Forschenden im natürlichen Massstab Murgänge, Steinschlag oder den Geschiebetransport in Fliessgewässern untersuchen. Auch im Wald dienen langfristige Grossversuche dazu, die Vorgänge in der Natur besser zu verstehen und Bewirtschaftungsmethoden entsprechend anzupassen.

Das DIAGONAL kostenlos abonnieren:  
[www.wsl.ch/diagonal](http://www.wsl.ch/diagonal)

Bezug einzelner Exemplare:  
Eidg. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111,  
CH-8903 Birmensdorf  
[eshop@wsl.ch](mailto:eshop@wsl.ch); [www.wsl.ch/eshop](http://www.wsl.ch/eshop)

## IMPRESSUM

Verantwortlich für die Herausgabe:  
Prof. Dr. Konrad Steffen, Direktor WSL

Text und Redaktion:  
Lisa Bose (lbo), Sandra Gurzeler (sgu),  
Martin Heggli (mhe), Christine  
Huovinen (chu), Reinhard Lässig (rlä),  
Martin Moritz (mmo), Birgit Ottmer  
(bio), Bärbel Zierl (bzi), Andreas  
Zurlinden (azu)

Redaktionsleitung:  
Lisa Bose, Christine Huovinen;  
[diagonal@wsl.ch](mailto:diagonal@wsl.ch)

Gestaltung:  
Raffinerie AG für Gestaltung, Zürich

Druck:  
Sihldruck AG, Zürich

Auflage und Erscheinen:  
6000, zweimal jährlich

Das WSL-Magazin DIAGONAL erscheint  
auch in Französisch und Englisch.

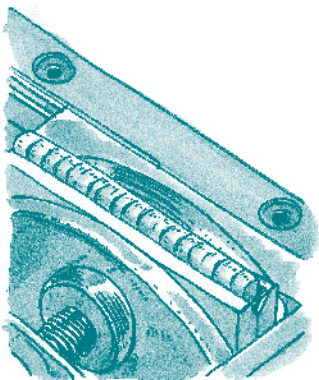
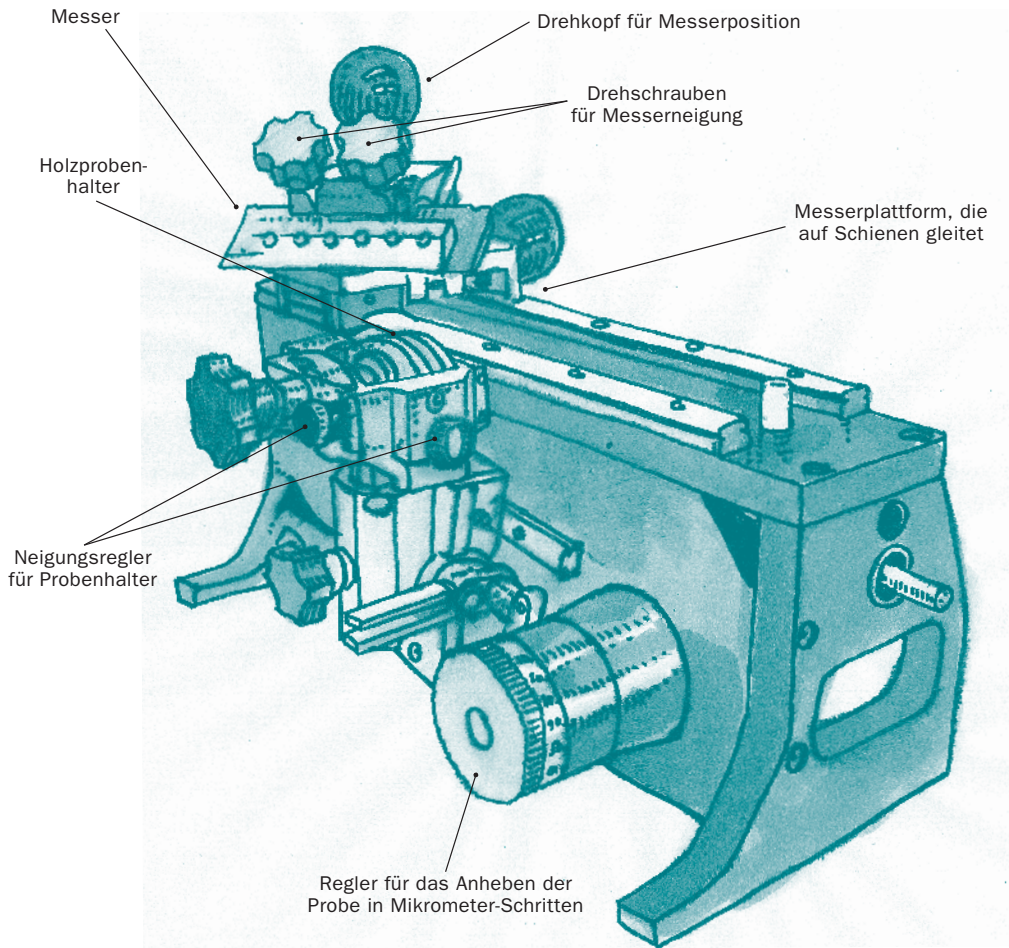
Zitierung:  
Eidg. Forschungsanstalt WSL 2015:  
WSL-Magazin Diagonal, 2 / 15.  
36 S., ISSN 2296-3561

## PERSONEN

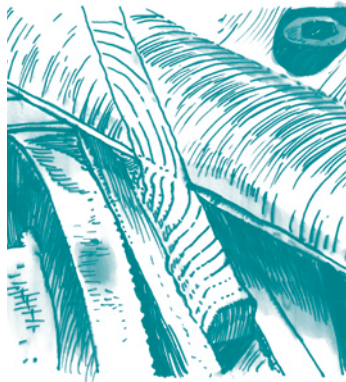


Die WSL-Redaktion von links nach  
rechts; oben: Reinhard Lässig, Sandra  
Gurzeler, Bärbel Zierl, Christine  
Huovinen; unten: Martin Heggli, Lisa  
Bose, Birgit Ottmer

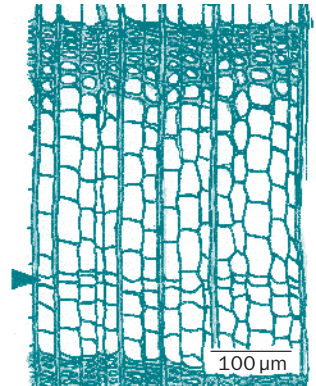
## LABOR-MIKROTOM



Bohrkern im Probenhalter



Dünnschnitt, Stärke 0,02 mm



Dünnschnittpräparat unter dem Mikroskop

Das Labor-Mikrotom ist eine Eigenentwicklung der WSL. Es dient dazu, Dünnschnittpräparate für die mikroskopische Analyse von Holzproben anzufertigen. Video auf: [www.wsl.ch/ding](http://www.wsl.ch/ding)





**Expedition Grönland:** dem Schnee auf der Spur, S. 30





**Bergahornweiden: Eldorado für Moose und Flechten, S. 22**



## STANDORTE

### **Birmensdorf**

Eidg. Forschungsanstalt  
für Wald, Schnee und  
Landschaft WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
Telefon 044 739 21 11  
Fax 044 739 22 15  
wslinfo@wsl.ch  
www.wsl.ch

### **Davos**

WSL-Institut für Schnee- und  
Lawinenforschung SLF  
Flüelastrasse 11  
CH-7260 Davos Dorf  
Telefon 081 417 01 11  
Fax 081 417 01 10  
contact@slf.ch  
www.slf.ch

### **Lausanne**

Institut fédéral de  
recherches WSL  
Case postale 96  
CH-1015 Lausanne  
Telefon 021 693 39 05  
Fax 021 693 39 13  
antennenromande@wsl.ch  
www.wsl.ch/lausanne

### **Bellinzona**

Istituto federale di  
ricerca WSL  
Via Belsoggiorno 22  
CH-6500 Bellinzona  
Telefon 091 821 52 30  
Fax 091 821 52 39  
info.bellinzona@wsl.ch  
www.wsl.ch/bellinzona

### **Sion**

Institut fédéral de recherches  
WSL  
c/o HES-SO  
Route du Rawyl 47  
CH-1950 Sion  
Telefon 027 606 87 80  
valais@wsl.ch  
www.wsl.ch/sion

## FORSCHUNG FÜR MENSCH UND UMWELT

Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL untersucht Veränderungen der terrestrischen Umwelt sowie die Nutzung und den Schutz von natürlichen Lebensräumen und Kulturlandschaften. Sie überwacht Zustand und Entwicklung von Landschaft, Wald, Biodiversität, Naturgefahren sowie Schnee und Eis und entwickelt nachhaltige Lösungen für gesellschaftlich relevante Probleme – zusammen mit ihren Partnern aus Wissenschaft und Gesellschaft. Die WSL nimmt in diesen Forschungsgebieten einen internationalen Spitzenplatz ein und liefert Grundlagen für eine nachhaltige Umweltpolitik in der Schweiz. Die WSL beschäftigt über 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Birmensdorf, Bellinzona, Lausanne, Sitten und Davos (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF). Sie ist ein Forschungszentrum des Bundes und gehört zum ETH-Bereich.

