

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Netzwerke: Weil es gemeinsam am besten geht

Nr. 2

18

Bioenergie:

Wo man mehr davon
nutzen könnte, S. 24

Waldameisen:

Erste landesweite
«Volkszählung», S. 28

Lawinenrettung:

Helfer im ethischen
Dilemma, S. 30

EDITORIAL

Liebe Leserin, lieber Leser
Als Kind bin ich manchmal mit meiner Grossmutter in Schweden Pilze sammeln gegangen. Nicht im Traum hätte ich damals gedacht, dass die leckeren Waldprodukte Teil eines Kommunikationsnetzes sind, mit dem Bäume Nachbarn vor Schädlingen warnen und sogar ihren Nachwuchs unterstützen. In dieser Diagonal-Ausgabe erfahren Sie, wie Trüffel, Steinpilz und Co. das «Internet des Waldes» bilden. Ein faszinierendes ökologisches Netzwerk, das sich da im Waldboden verbirgt! Daneben mögen menschliche und technische Netzwerke auf den ersten Blick vertraut wirken. Aber Forschungsk Kooperationen rund um den Erdball aufzubauen, sich auf einheitliche Messmethoden zu einigen, die gemessenen Daten miteinander zu teilen – das ist gar nicht so einfach, egal ob es um Waldgesundheit, Gletscher oder Weiden geht. Um grosse Zusammenhänge zu verstehen, ist es jedoch zentral, über geografische, technische und disziplinäre Grenzen hinweg zusammenzuarbeiten. Deshalb bieten wir Ihnen auch Einblicke in solche Netzwerke.

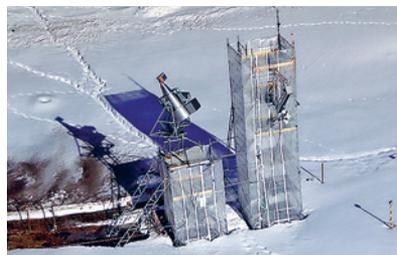


Prof. Dr. Konrad Steffen
Direktor WSL

PS: Apropos Netzwerke: Wir sind auch auf Facebook, Twitter und YouTube präsent. Vernetzen Sie sich mit uns!



Netzwerke



SCHNEE UNTER BEOBACHTUNG

Damit Schnee, Gletscher und Permafrost weltweit erforscht werden können, haben Forschende sich und ihre Messstationen vernetzt.

→ **10**



INTERVIEW

WSL-Forscher Arthur Gessler: «Nur wenn wir die Gesundheit des Waldes langfristig überwachen, können wir auch schlechende Veränderungen aufzeigen.»

→ **12**



WOOD WIDE WEB

Pilze bilden ein Netzwerk im Boden, über das Waldbäume einander Nährstoffe und Informationen übermitteln. Wissenschaftler der WSL versuchen, die Chats im Wurzelwerk zu entschlüsseln.

→ **15**



VERBUNDEN IM NAHRUNGSNETZ

Forschende der WSL untersuchen, wieso Ökosysteme aus dem Gleichgewicht geraten, wenn Arten verschwinden oder massiv gedüngt wird.

→ **2**

KERNTHEMEN

- 20** WALD
- 22** LANDSCHAFT
- 26** BIODIVERSITÄT
- 29** NATURGEFAHREN
- 32** SCHNEE UND EIS

PORTRÄTS

- 19** Pierre Huguenin, Ingenieur und Bergführer
- 25** Laurens Perseus, Elektronikerlehrling
- 34** Martina Hobi, Umweltnaturwissenschaftlerin
- 35** IMPRESSUM, AUSBLICK
- 36** DAS DING: LFI-Rucksack

NAHRUNGSNETZE In einem Ökosystem sind alle Lebewesen miteinander verbunden. Forschende der WSL untersuchen, wieso das Netzwerk aus dem Gleichgewicht gerät, wenn Arten verschwinden oder massiv gedüngt wird.

Gehen die Weidetiere, schwindet die Vielfalt



Innerhalb des grossen Zauns hielten weitere Zäune mit unterschiedlicher Maschenweite kleinere Säugetiere und wirbellose Tiere vom Fressen der Pflanzen ab.



Forschende der WSL führten im schweizerischen Nationalpark während fünf Jahren ein Auszäunungsexperiment durch. Der äussere Zaun stand unter Strom und hielt die Hirsche von der Fläche fern.

Schweizerischer Nationalpark.

Bild: Otto Wildi, WSL

Wer im schweizerischen Nationalpark wandert, geht auf einem lockeren Wegnetz durch Wälder, über Felsen und Wiesen. Auf den Wiesen ist kein Vieh zu sehen, denn Kühe, Schafe und Ziegen haben seit der Parkgründung 1914 keinen Zutritt mehr. Trotzdem ist die Vegetation stellenweise sehr kurz. Eigentlich müssten die ehemaligen Weiden unterhalb der Waldgrenze längst mit Wald bedeckt sein, wenn der Mensch und sein Vieh die Flächen nicht mehr offen halten. Wieso ist das nicht der Fall? Was hält die Vegetation so kurz? Und wachsen heute die gleichen oder andere Pflanzen auf den ehemaligen Weiden als vor der Gründung des Nationalparks?

Solche Fragen stellen Anita Risch und Martin Schütz. Die WSL-Ökologen erforschen, wie die Lebewesen in einem Ökosystem miteinander in Verbindung stehen, wie Nahrungsnetze funktionieren und was passiert, wenn eine oder mehrere Arten aus dem Ökosystem verschwinden. Seit 25 Jahren untersuchen sie die ehemaligen Viehweiden im Nationalpark. «Wir nahmen zuerst an, dass vor allem die grossen Säugetiere wie Hirsche und Gämsen anstelle des Viehs die Pflanzen fressen», sagt Risch. Wieso die Vegetation aber an einigen Stellen höher und an anderen kürzer ist, konnten sie allein damit nicht erklären. Es musste neben den grossen Säugetieren weitere Pflanzenfresser geben, die die Vegetation anders beeinflussen als diese.

Es braucht alle im System

Um diese Vermutung zu überprüfen, kamen Risch und Schütz auf die Idee, die Pflanzenfresser der Grösse nach von den Weiden auszuschliessen: zuerst die grossen Säugetiere wie den

Mehr zum Zaunexperiment im schweizerischen Nationalpark: www.wsl.ch/zaunexperiment

Hirsch, dann die kleineren wie Murmeltier, Hase und Maus, und zuletzt die wirbellosen Tiere wie Insekten und Schnecken. Sie entwickelten dafür spezielle Zäune, die sie nach langjähriger Vorbereitung und intensiven Gesprächen mit der Parkverwaltung 2009 im Nationalpark aufstellen durften. Die Arbeit im Park war anstrengend, auch körperlich. Schnee zwischen Mai und September, also während der Zeit der Datenaufnahme, zerstörte regelmässig die feinschichtigen Insektenzäune. «Die Unterhaltsarbeiten waren sehr aufwändig, vor allem, weil wir das ganze Ersatzmaterial zu Fuss ins Gelände tragen mussten», meint Schütz.

Während der fünf Jahre, in denen die Zäune im Nationalpark standen, sammelten die Forschenden grosse Mengen an Daten – nicht nur zu den Pflanzen selber, sondern auch zum Boden unter der Vegetation. So wollten sie herausfinden, welchen Einfluss die Pflanzenfresser etwa auf die Bodenorganismen und die Nährstoffkreisläufe im Boden haben. Seit dem Abschluss der Experimente 2013 haben Risch und Schütz zusammen mit weiteren Forschenden viele Ergebnisse publiziert. Sie haben zum Beispiel herausgefunden, dass die grossen Säugetiere die Pflanzenvielfalt im Nationalpark erhöht haben. Fehlen diese Tiere, setzen sich vor allem Pflanzen auf den Weiden durch, die schnell wachsen und so andere Pflanzenarten verdrängen – die Vielfalt nimmt ab. Dies wiederum beeinflusst etwa Laufkäferarten, die auf Sicht jagen. Ist die Vegetation zu dicht, sehen sie ihre Beute nicht mehr und die Anzahl dieser räuberischen Käfer nimmt ab.

Auch die Bodentemperatur und die Verfügbarkeit des Bodenwassers hängen von den oberirdisch fressenden Tieren ab. Ohne sie wird die Vegetation dichter, es fällt weniger Sonnenlicht auf den Boden. Dieser kühlt sich um bis zu ein Grad ab, es wird feuchter und es kann mehr Pflanzenmaterial wachsen. Das bislang überraschendste Ergebnis: Fehlen die grossen Säuger, übernehmen die wirbellosen Tiere deren Funktion im System. Auf gewissen Vegetationstypen vertilgen sie fast so viel Pflanzenmaterial wie die grossen Säugetiere. Weil sie aber auch Pflanzen fressen, die die grossen Säugetiere meiden – zum Beispiel die stacheligen Disteln oder den giftigen Eisenhut – beeinflussen sie die Vegetation anders als Hirsche und Gämsen. Fehlen hingegen auch die wirbellosen Tiere, bricht das Ökosystem zusammen, Nahrungsnetze und Nährstoffkreisläufe zerfallen.

Dünger stört das Netz

Zeitgleich mit dem Zaunexperiment im Nationalpark starteten Risch und Schütz unweit davon, in der Val Müstair, einen ähnlichen Versuch. In der Lawinverbauung oberhalb von Lü befinden sich dreissig Versuchsflächen, von denen einige ebenfalls eingezäunt sind. Sie gehören zum internationalen Forschungsnetzwerk «Nutrient Network (NutNet)», an dem über siebzig Teams aus neunzehn Ländern auf sechs Kontinenten teilnehmen. Auch in diesem Projekt wird erforscht, was geschieht, wenn grosse pflanzenfressende Wildtiere auf Wiesen und Weiden fehlen. Zusätzlich wird untersucht, welchen Einfluss die Zugabe von Dünger auf die 25 m² grossen Flächen hat. Jedes Forscherteam erhebt auf seinen Flächen die gleichen Daten mit den gleichen Methoden. Untersucht werden Veränderungen in der Artenvielfalt, der Produktivität und in den Nährstoffkreisläufen des Ökosystems. Ziel ist es, globale Muster zu er-



Die untersuchten Weideflächen im NutNet-Forschungsnetzwerk unterscheiden sich oft beträchtlich. Oben eine Weide in Mount Caroline, Westaustralien, unten eine im Serengeti-Nationalpark, Tansania.

kennen, wie die sehr unterschiedlichen Weideökosysteme auf den Ausschluss von Wildtieren und den Einsatz von Dünger reagieren. Die gesammelten Daten werden zentral an der Universität Minnesota, USA, gespeichert, wo die Idee des Forschungsnetzwerks entstand.

Anita Risch und Martin Schütz gehören diesem Netzwerk seit 2008 an. Sie düngen jeweils Ende Mai ihre Flächen mit Stickstoff, Phosphor und Kalium, ab Anfang Juli wird die Vegetation von Hand geschnitten. Die Menge des

geschnittenen Pflanzenmaterials gibt Aufschluss darüber, wie viel Biomasse während der Vegetationszeit produziert wurde – ein einfaches Mass, um den Einfluss von Frass und Düngung zu messen. Obwohl das Projekt noch lange nicht abgeschlossen ist, sind viele Ergebnisse schon publiziert. Sie sind alarmierend: Wenn Wiesen und Weiden Nährstoffe zugeführt werden und grosse pflanzenfressende Tiere fehlen, nimmt die pflanzliche Vielfalt stark ab. Auf den Flächen in der Val Müstair wächst bereits heute praktisch nur noch der Rot-Schwingel (*Festuca rubra*), eine häufige und weitverbreitete Grasart. Die Beziehungen im Nahrungsnetz sind massiv gestört.

Das Experiment beruht keineswegs nur auf theoretischen Überlegungen. Seit Ende der letzten Eiszeit hat die Zahl der grossen pflanzenfressenden Wildtiere weltweit abgenommen. Das hat vermutlich mit dem Auftreten des modernen Menschen zu tun. Und seit der Industrialisierung haben sich die globalen Stickstoff- und Phosphorvorräte durch übermässigen Einsatz von Kunstdünger in der Landwirtschaft verdoppelt bis verfünffacht. Dünger führt zusammen mit dem Fehlen der grossen Pflanzenfresser zu artenarmen, instabilen Ökosystemen, die kaum mehr auf ändernde Umweltbedingungen reagieren können.

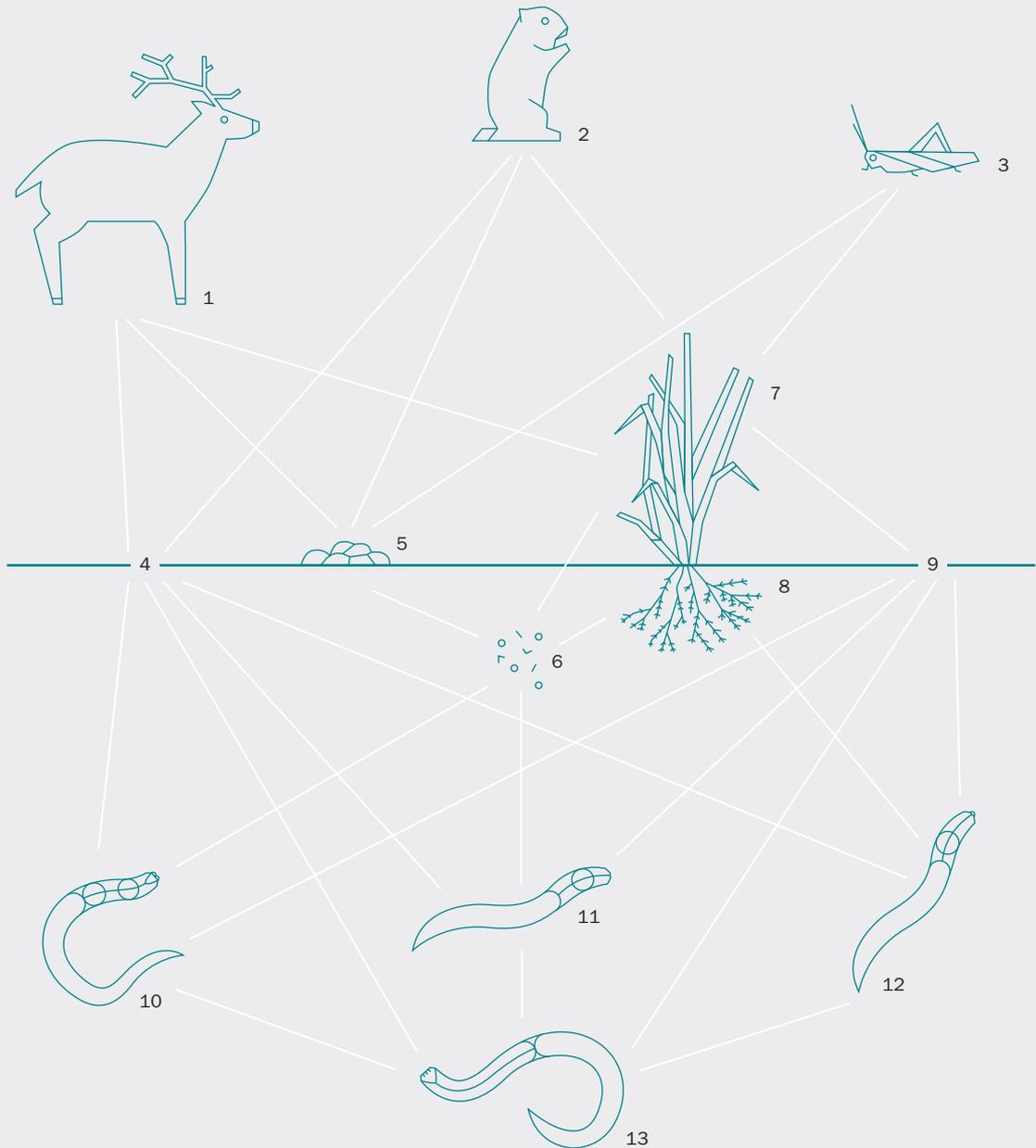
Ideen, Erfahrungen und Daten austauschen

Globale Netzwerke wie NutNet ermöglichen den Blick über den Zaun. «Im Austausch mit Forschenden aus anderen Kontinenten lernt man das eigene System besser verstehen», ist Anita Risch überzeugt. «Viele Hypothesen der Botanik basieren zum Beispiel auf den Verhältnissen, wie sie in der Nordhemisphäre vorherrschen. Wendet man diese Hypothesen auf die Südhemisphäre an, merkt man schnell, dass einige dort nicht zutreffen.» Diese Erkenntnis hilft, vorgefasste Meinungen über Bord zu werfen und besser zu verstehen, wie alles vernetzt ist.

Wichtig ist immer auch der persönliche Kontakt zwischen den Forschenden, auch ausserhalb der Arbeitszeit. «Oft entstehen gemeinsame Projekte nach Feierabend bei einem Bier», sagt Martin Schütz. Bei einem der jährlichen Treffen im Rahmen des NutNet-Netzwerks haben die beiden die Australierin Jennifer Firn von der Queensland University of Technology in Brisbane kennengelernt. Diese war begeistert vom Zaunexperiment im Nationalpark und schlug Risch und Schütz eine Zusammenarbeit vor. Nun kommen die Zäune vielleicht bald in Australien zum Einsatz – die Forschungsanträge sind eingereicht. Anstatt Hirsche und Murmeltiere werden dann allerdings Kängurus und Wombats vom Fressen der Vegetation abgehalten. (lbo)

INFOGRAFIK Pflanzenfressende Tiere auf der Wiese beeinflussen, was unterirdisch lebt

In Wiesen sind die Lebewesen über komplexe Beziehungen miteinander verbunden. Fehlen etwa die Säugetiere, nimmt die pflanzliche Biomasse zu. Davon profitieren die unterirdisch lebenden Fadenwürmer – ihre Anzahl verdoppelt sich. Doch nicht alle gewinnen: Einige Arten von Fadenwürmern verschwinden, sodass die Vielfalt dieser Bodenorganismen abnimmt.



- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| 1 Huftiere | 5 Dung, Urin, Kadaver | Fadenwürmer (stark vergrössert dargestellt): |
| 2 Mittelgrosse und kleine Säugetiere | 6 Nährstoffe, Bakterien, Pilze | 10 Bakterienfressende |
| 3 Wirbellose Tiere | 7 Spross | 11 Pilzfressende |
| 4 Bodenstruktur | 8 Wurzeln | 12 Pflanzenfressende |
| | 9 Bodenmikroklima | 13 Räuberische und Allesfresser |

An aerial photograph showing a river confluence. On the left, a river flows into a larger river from the top left. A bridge crosses the river on the right side. The surrounding landscape includes green fields, a building complex, and trees with autumn foliage. Two white lines with dots at the end point to the confluence and the bridge.

Zusammenflüsse – hier von Ärgera und Saane (von links kommend) – verbinden die Populationen verschiedener Gewässer: Pflanzensamen und Insekten treiben mit der Strömung flussabwärts und besiedeln neue Standorte.

Bauwerke wie Brücken oder Wasserkraftwerke können die Ausbreitung von Organismen stören. WSL-Forschende simulieren am Computer, wie sich Barrieren auf die Wiederansiedlung von seltenen Arten in Flussabschnitten auswirken.

An aerial photograph showing a river mouth with prominent gravel bars. The river flows from the bottom right towards the top left. The gravel bars are light-colored and zig-zag across the river's path. On the left bank, there is a large green lawn with a paved path and a red car. The surrounding area is filled with trees in various stages of autumn, showing shades of green, yellow, and orange. A white text box with a pointer is located in the center of the image, pointing to a gravel bar.

Auf Kiesbänken leben charakteristische Pflanzen-, Tier- und Pilzarten. Je stärker deren Lebensräume entlang eines Gewässers vernetzt sind, desto besser können die Arten überleben.

Mündungsbereich des Flüsschens
Ärgera bei Marly (FR).

KRYOSPHERE Davos, Antarktis, Kilimandscharo: Schnee unter Beobachtung. Damit Gletscher, Schnee und Permafrost weltweit besser erforscht werden können, haben Forschende sich und ihre Messstationen vernetzt.

Eigentlich ist es ganz einfach: Um die Schneehöhe zu messen, steckt man eine Messlatte bis zum Boden in die Schneedecke und liest den Wert ab. Fertig. Aber was tun, wenn der Schnee auf einem Gletscher oder auf Meereis liegt, wo es keinen Boden gibt? Ähnliche Fragen kommen bei fast allen Messgrößen auf, die Schneeforscherinnen und Schneeforscher erfassen, egal ob Dichte, Kornform oder Temperatur. Die Wissenschaftler messen auf unterschiedliche Art und Weise, weshalb ihre Daten oft nicht vergleichbar sind.

Forschende aus verschiedensten Ländern haben daher unter der Schirmherrschaft der Weltorganisation für Meteorologie das Netzwerk «Global Cryosphere Watch» (GCW) gegründet. Eine Arbeitsgruppe des GCW zertifiziert Messstationen und -felder, die nach anerkannten oder von ihr selbst entwickelten Standards Daten zur Kryosphäre erfassen und speichern. Die



160 Stationen in 27 Ländern sind im «Global Cryosphere Watch» vernetzt – darunter die italienisch-französische Station Concordia Dome C in der Antarktis (unten links), das Nördliche Eisfeld des Kilimandscharo in Tansania (unten rechts) sowie das Versuchsfeld Laret des SLF als Teil des Clusters Davos (oben).

Kryosphäre umfasst alle Teile der Erde, in denen Schnee fällt oder liegt, wo Flüsse, Seen oder Meere ganzjährig oder saisonal gefroren sind, wo es Permafrost, Gletscher oder Eisschilde gibt. Das betrifft weltweit rund hundert Länder in allen Breitengraden.

Zuverlässige, fachgerechte Messungen sind die Basis, um Informationen zu Schnee und Eis weltweit nutzbar zu machen – das zentrale Ziel des GCW. Was trocken tönt, kann grosse Wirkung entfalten: Zum Beispiel waren Schneehöhen-Messungen aus dem Kaukasus bisher nicht verfügbar. Dank des GCW werden sie das nun sein, und damit kann genauer verstanden werden, wie sich der Klimawandel auf die weltweite saisonale Schneedecke auswirkt.

Charles Fierz vom SLF ist Mitglied der Steuerungsgruppe des GCW und spannt den Bogen über die Wissenschaft hinaus: «In manchen Weltregionen, die von politischen Konflikten geprägt sind, ermöglichen Schnee- oder Gletschermessungen erste Annäherungen der Menschen», erklärt er am Beispiel von Russland und Georgien. Die Wissenschaftler der verfeindeten Länder arbeiten zusammen.

Daten besser nutzen, statt mehr Daten sammeln

In der Schweiz sind politische Spannungen zum Glück kein Problem. Dafür kann das Land mit langjährigen, gepflegten und dokumentierten Datenreihen mit gutem Vorbild vorangehen. Fierz hat viel daran gesetzt, dass ein ganzer Cluster von Messstationen aus der Region Davos ins Netz aufgenommen wurde. «Dies setzt unsere Arbeit weltweit besser in Wert. Denn wir müssen nicht unbedingt mehr Daten sammeln, sondern sie besser nutzen», erklärt er. Wolfgang Schöner von der Universität Graz, verantwortlich für die Zertifizierung von Messstationen beim GCW, sieht das ähnlich: «Der Cluster Davos ist international gesehen ein herausragendes Beispiel. Nicht nur werden Permafrost, Schnee und Gletscher und deren Veränderungen erfasst, sondern auch, wie diese mit dem Klimawandel zusammenhängen.»

Um solche Daten- und Erfahrungsschätze weltweit nutzen zu können, muss der Datenaustausch zwischen den Forschenden auf einfache Weise funktionieren. Fierz und seine Kolleginnen und Kollegen am SLF erarbeiten dafür Standardabläufe, definieren Datenformate und entwickeln Software weiter. Diese nutzen dann alle im GCW vernetzten Wissenschaftler, um ihre Daten auf vergleichbare Art zu erfassen und um sie miteinander austauschen zu können. «Das kommt insbesondere jenen zugute, die aufgrund der wirtschaftlichen Lage in ihrem Land solche Werkzeuge nicht selbst finanzieren können», sagt Schöner.

Und wie geht das jetzt mit der Schneehöhe auf Gletscher oder Meereis? «Ganz einfach», erklärt Fierz: «Es muss eine Referenzhöhe festgelegt sein. Wenn möglich, ist das der Boden, aber auf Eis muss sie der Mensch definieren. Das kann zum Beispiel die Schneeoberfläche vom 31. Dezember des Vorjahres sein. Was genau als Referenzhöhe definiert wird, spielt eigentlich keine Rolle – sie muss nur gut dokumentiert sein und immer gleich angewendet werden.» *(bio)*

Mehr zur Kryosphären-Beobachtung:
<https://global-cryospherewatch.org>

Und zum Messnetzwerk: www.wsl.ch/cryonet

Waldschäden frühzeitig erkennen. Arthur Gessler ist überzeugt: Die Gesundheit des Waldes langfristig zu überwachen, lohnt sich. Im Interview spricht der WSL-Forscher über den Einfluss der Klimaerwärmung, die Bedeutung langer Datenreihen und die Vernetzung von Institutionen und Forschenden.

WSL-Forschende beobachten seit mehr als dreissig Jahren den Gesundheitszustand des Waldes an rund siebzig Standorten in der Schweiz. Lohnt sich dieser hohe Aufwand überhaupt?

Der Zustand des Waldes verändert sich immer wieder, zum Beispiel, wenn es einmal ein Trockenjahr oder einen Sturm gegeben hat. Aber aus solchen Momentaufnahmen lässt sich kein langfristiger Trend ableiten. Nur wenn wir den Wald über viele Jahre beobachten, können wir auch schleichende Veränderungen aufzeigen, die sich über Jahrzehnte entwickeln. Deshalb ist es aus meiner Sicht wichtig, das langfristige Monitoring zu unterstützen.

Die Anfänge des Waldmonitorings gehen in die 1980er-Jahre zurück. Das Thema Waldsterben beunruhigte seinerzeit viele Menschen.

Ja, auch die Forschenden. Man hat damals gesehen, dass es teilweise massive Waldschäden gab. Diese traten besonders an bestimmten Standorten auf, zum Beispiel dort, wo viele Abgase aus der Industrie den Wald belasteten. Aber auch grossflächige Schäden wurden registriert. Da man aber keine langfristigen Daten hatte, konnte man gerade diese grossflächige Situation nicht gut einschätzen:

Ist das ein Phänomen, das es auch früher schon gab, oder ist das eine ganz neue Entwicklung? Deshalb hat man damit begonnen, Monitoringnetze aufzubauen, um den Zustand des Waldes zu beobachten und Veränderungen langfristig einordnen zu können. Mit dem Monitoring halten wir auch Veränderungen fest, bei denen wir heute noch gar nicht abschätzen können, welche Bedeutung sie einmal in der Zukunft haben werden.

Welche Trends zeichnen sich ab?

Das System «Wald» reagiert träge. Bäume können sich an neue Bedingungen nicht so schnell anpassen. Dies zeigt sich zum Beispiel darin, dass die hohen Stickstoffeinträge der 1980er-Jahre und auch der Zeit danach noch immer im Wald wirken. Wenn Bäume viel Stickstoff bekommen, werden sie möglicherweise anfälliger gegenüber Trockenheit. Mit dem Klimawandel könnte diese Anfälligkeit in Zukunft eine grössere Bedeutung bekommen. Langfristig wird der Klimawandel auch die Artenzusammensetzung der Wälder verändern. Im Wallis beobachten wir auf einer unserer Monitoringflächen, dass viele Föhren absterben. Diese Informationen lassen sich im Zusammenhang mit weiteren Daten nutzen, um Projektionen zu entwickeln, wie der Wald



Arthur Gessler leitet das Forschungsprogramm «Langfristige Waldökosystemforschung LWF» an der WSL.



Im Rahmen des Monitoringprogramms LWF messen Forschende der WSL mit einem Tensiometer die Kräfte, die eine Pflanze überwinden muss, um Wasser aus dem Boden aufnehmen zu können.

in Zukunft aussehen wird und welche Baumarten unter den künftigen Klimabedingungen angebaut werden können.

Wie lässt sich der Zustand des Waldes überhaupt erfassen?

Wir haben zwei Netzwerke, die sich gegenseitig ergänzen: Sanasilva und die Langfristige Waldökosystemforschung (LWF). Mit der Sanasilva-Inventur werden seit 1985 auf einem 16-mal-16-Kilometer-Raster, welches über die ganze Schweiz gelegt ist, auf fünfzig Flächen jährlich rund 1100 Bäume untersucht. Experten erfassen den Kronenzustand, den Zuwachs und wie viele Bäume abgestorben sind. Dieselben Daten erheben wir auch auf den neunzehn Beobachtungsflächen, die zum LWF gehören. Darüber hinaus führen wir an diesen Standorten zahlreiche

weitere Messungen durch, die helfen sollen, die Ursachen für die Veränderung des Gesundheitszustands und des Wachstums zu erkennen. Wir bestimmen die Einträge von Stickstoff und Schwefel, den Ozongehalt in der Luft und schauen uns den Wasser- sowie den Nährstoffhaushalt im Boden an.

Was geschieht mit all den Daten?

Wir analysieren und vergleichen die Messwerte, um Variationen zwischen einzelnen Jahren sowie langfristige Trends zu erkennen. Um die Daten langfristig zu speichern und auch anderen Wissenschaftern verfügbar zu machen, legen wir sie in unseren Datenbanken ab. In zusammengefasster Form geben wir sie an das Bundesamt für Umwelt (BAFU) weiter. Zudem nutzt MeteoSchweiz die Daten unserer

«Nur wenn wir den Wald über viele Jahre beobachten, können wir auch schleichende Veränderungen aufzeigen.»

Meteostationen und wird sie in Zukunft in ihre Vorhersagemodelle integrieren. Alle Daten werden auch an die zentrale Datenbank des europäischen Netzwerks ICP-Forests transferiert, dem «International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests». LWF und Sanasilva sind Teil dieses Netzwerks, in das fast alle Länder Europas eingebunden sind. In allen beteiligten Ländern werden Beobachtungsflächen nach den gleichen Kriterien ausgesucht und die gleichen Methoden langfristig angewendet.

Wie wichtig ist diese internationale Vernetzung?

Sie ist sehr wichtig, denn dank des ICP-Forest Netzwerks können Forschende nicht nur im eigenen Land, sondern in ganz Europa erkennen, wie sich beispielsweise die Luftverschmutzung auf den Wald auswirkt. Die internationale Zusammenarbeit und die breite Datenbasis sind auch wichtig für wissenschaftliche Analysen. WSL-Forschende wollen zum Beispiel verstehen, wie sich die Stickstoffeinträge, die Ozonkonzentration oder die Veränderung der Temperatur auf das Wachstum der Bäume auswirken. Solche Fragen können nur mit grossen europaweiten Datensätzen, die auf einen sehr langen Zeitraum zurückgreifen, beantwortet werden.

Sie sind Mitinitiator des Swiss-ForestLab, eines weiteren Netzwerks, das 2017 gegründet wurde. Was ist die Idee dahinter?

Wir möchten mit dem Swiss-ForestLab Synergien bündeln, indem wir Forschende, aber auch unter-

schiedliche Infrastrukturen – dazu gehört auch das LWF – in der Schweiz zusammenführen. Es gibt im Rahmen des SwissForestLab zum Beispiel ein Projekt, das die Daten zum Waldwachstum in der Schweiz zusammenbringt. Ziel ist es, bessere Modelle zu entwickeln, um das Waldwachstum unter künftigen Klimabedingungen vorherzusagen. Darüber hinaus wollen wir die Praxis einbinden, um neue Erkenntnisse möglichst zeitnah umsetzen zu können. Geplant sind auch jährliche Workshops, in denen wir unsere Stakeholder wie Waldbesitzer oder Kantonsoberröster fragen, auf welche drängenden Probleme die Forschung und das Monitoring aus ihrer Sicht Antworten finden soll.

Wie wird die Zukunft des Waldmonitorings aussehen?

Wir werden neue technische Entwicklungen nutzen, um künftig mehr Informationen von Satelliten und Drohnen über den Zustand des Ökosystems Wald zu erhalten. Dazu arbeiten wir schon mit Kolleginnen und Kollegen aus dem Bereich Fernerkundung an der WSL und mit der ETH Zürich zusammen, um Bildinformationen mithilfe von künstlicher Intelligenz zu bewerten. Satellitenaufnahmen könnten so räumlich und zeitlich hochaufgelöste Informationen bieten, die auch kleinräumige und kurzfristige Änderungen des Waldzustands erfassen. Diese Methoden werden zwar das klassische Monitoring, bei dem Fachleute vom Boden aus beobachten und vermessen, nicht ersetzen, aber auf nützliche Weise ergänzen. (sni)

Weitere Infos zum Waldmonitoring:
www.wsl.ch/waldmonitoring

WOOD WIDE WEB **Pilze sind das Soziale Netzwerk der Waldbäume.** Pilze bilden ein Netzwerk im Boden, über das Waldbäume einander Nährstoffe und Informationen übermitteln. Forschende versuchen, die Chats im Wurzelwerk zu entschlüsseln.

Um das «Internet des Waldes» zu erkunden, ist WSL-Forscher Simon Egli auf eine hochsensible Spürnase angewiesen. Nicht die eigene, sondern die seines Hundes Miro. Die Schnauze dicht am Boden, wirft sich das Tier in die Leine und wetzt im hohen Gras umher, kaum hat Egli das Kommando «Such» gegeben. Es dauert keine dreissig Sekunden, da beginnt der Hund unter einer Buche zu buddeln, dass die Erdklumpen fliegen. «Stopp», ruft Egli und zieht Miro zurück. Er lacht: «Sonst frisst er seinen Fund gleich selbst.»



Das «Internet des Waldes» besteht aus Pilzfäden (weiss), die die Wurzelspitzen der Pflanzen (braun) umhüllen und sogar in diese hineinwachsen. Die Kombination wird Mykorrhiza («Pilzwurzel») genannt.

Mit einer kleinen Kelle gräbt Egli einen etwa walnussgrossen, schwarzen Klumpen aus, der auffällig nach frisch geschnittenem Gras riecht. Es ist ein Burgundertrüffel (*Tuber aestivum*) im unreifen Stadium, Marktwert im Frühsommer etwa dreihundert Franken pro Kilogramm, vor Weihnachten leicht das Zwei- bis Dreifache. Ohne Miro, den trainierten Trüffelhund, wäre die Delikatesse nicht ans Licht gekommen.

Simon Egli interessiert sich aber nicht nur für die Trüffelknolle, also den Fruchtkörper des Pilzes, sondern auch für das weitaus grössere, unterirdische Netzwerk aus Pilzfäden rings um die gut hundertjährige Buche. Sie steht in einer kleinen Baumgruppe auf einer Wiese am Waldrand in Birmensdorf. Der Standort – seine genaue Lage ist geheim – ist Teil eines europaweiten Trüffel-Überwachungsnetzes, mit dem die Wissenschaftler mehr über die Biologie dieser Pilzart herausfinden wollen – und darüber, wie sie die Bäume unterirdisch verknüpft.

Denn im Wurzelwerk bilden Pilzfäden ein «Wood Wide Web», das Bäume zu einer Community verbindet – nicht nur in nächster Nachbarschaft, sondern über Dutzende oder gar Hunderte von Metern und über die Artgrenzen hinweg. Erst allmählich – dank genetischer Methoden – beginnt die Forschung zu erfassen, was im Untergrund des Waldes vor sich geht.

Wie viele der bekannten Waldpilze wie Steinpilz oder Eierschwamm ist auch der Trüffel ein Mykorrhiza-, also ein Symbiosepilz. Das heisst, dass Baum und Pilz voneinander profitieren: Der Pilz versorgt den Baum mit Nährelementen und Wasser und bekommt dafür Kohlenstoff in Form von Zucker. Die Pilzfäden ummanteln die Wurzelspitze, wachsen zwischen die Wurzelzellen und bilden dort das sogenannte Hartig'sche Netz, wo der Nährstoffaustausch statt-



Miro ist für Forscher Simon Egli auf Trüffelsuche. Dafür eignen sich Jagdhunde des Typs Bracke gut, weil sie eine besonders feine Nase haben.

findet. Die Pilze vergrössern so das Wurzelnetzwerk der Bäume bis zu hundertfach. Neunzig Prozent aller Pflanzen leben in Symbiose mit Mykorrhizapilzen, manchmal kommen mehr als hundert Pilzarten an einem einzigen Baum vor.

Zucker für den Nachwuchs

In den 1980er-Jahren entdeckten Biologen zu ihrem grossen Erstaunen, dass Waldbäume im Wurzelraum Zucker untereinander austauschen. Die Entdeckung gelang dank einer neuen Technik, mit der sich Kohlenstoffmoleküle markieren und in kleinen Mengen nachweisen lassen. Heute weiss man, dass bis zu dreissig Prozent des produzierten Zuckers eines Baumes zu den Pilzen fliessen. Studien legen nahe, dass Bäume sogar gezielt ihren Sämlingen über das Pilznetzwerk Zucker schicken. «Das könnte man als eine Art Brutpflege bei Bäumen betrachten», erklärt Martina Peter, Biologin und Leiterin der Forschungsgruppe Mykorrhiza an der WSL.

Das Trüffel-Überwachungsnetzwerk unter Leitung der WSL soll aufklären, wie die unterirdische Tauschbörse zwischen Bäumen und Pilzen aufgebaut ist. Seit 2011 suchen vierzehn freiwillige Trüffelsucher mit ihren Hunden alle drei Wochen insgesamt 26 Standorte in der Schweiz, Deutschland, Ungarn und Grossbritannien ab. Sie wägen die aufgespürten Trüffel – bis zu fünfzig Stück pro Standort –, notieren Anzahl und Reifegrad und senden ein Scheibchen davon ins Mykorrhizalabor der WSL für die Genanalyse. Den Rest dürfen sie behalten.

Kaum hat Miro einen Trüffel aufgespürt – und dafür ein Stück Wienerli zur Belohnung bekommen –, steckt Simon Egli einen orangen Plastikstift als Markierung in den Boden. Am Baumstamm sind Geräte in weissen Plastikbo-



Die Trüffelknolle ist nur der Fruchtkörper des Pilzes. Hier hat sie sich einen ganz speziellen Ort zum Wachsen ausgesucht.

zen montiert, die kontinuierlich die Bodenfeuchte, die Bodentemperatur und das Baumwachstum messen. «Wir wissen noch fast nichts über die Wachstumsdynamik der Trüffel», sagt Egli. «Diese möchten wir verstehen und auch mit dem Wachstum der Bäume verknüpfen.»

Kommunikationsforschung im Genetiklabor

Ob die gefundenen Trüffel alle vom gleichen Pilz stammen oder ob es mehrere Individuen pro Baum gibt, lässt sich nur mit genetischen Untersuchungen feststellen. Deshalb löst Martina Peter im Labor DNA aus den Trüffelscheibchen und bestimmt die Individuen mittels ihres genetischen Fingerabdrucks. An einem Standort des Trüffelnetzwerks in Süddeutschland enthüllte eine Bachelorarbeit erstmals die unterirdischen Verflechtungen: Ein Pilz-Individuum verband über bis zu zwanzig Meter hinweg drei Eichen, eine Fichte, eine Birke und eine Hagebuche; ein anderer Pilz vernetzte eine Eiche und eine Hagebuche. «Zudem können sich mehrere Trüffelindividuen einen Baum teilen und Distanzen von über hundert Metern überbrücken», sagt Peter.

Im Detail ist indes noch völlig unklar, wie das Wurzel-Web aufgebaut wird. Dem gehen WSL-Forschende derzeit in weiteren Feld- und Gewächshausexperimenten nach. In gelben Pflanzkästen auf dem WSL-Gelände gedeihen seit zwei Jahren Sprösslinge verschiedener einheimischer Baumarten sowie der nicht-heimischen Douglasie. Die Wissenschaftler begasen diese mit markiertem Kohlenstoff, um zu prüfen, ob die Douglasien ebenso gut ins unterirdische Internet eingeloggt sind wie andere Bäume – und ob Trockenheit einen Einfluss auf die Pilzverknüpfungen hat.

Auch der Informationsübermittlung im «Wood Wide Web» ist Peter bereits auf der Spur: Ihre Untersuchungen zeigen, dass in Wurzeln, die mit Pilzen in Symbiose leben, bestimmte Gene für den Kohlenstofftransport stärker aktiviert sind. Der Pilz scheint also den Baum zur Zuckerabgabe regelrecht zu «überreden»: «Das belegt, dass der Pilz im «Internet des Waldes» nicht nur ein «Kabel», sondern eine aktive Filter- und Schaltstelle ist», sagt Peter.

Heute weiss man ausserdem, dass die Bäume auch kleine Botenmoleküle über das Pilznetzwerk austauschen, dank derer sie einander informieren und offenbar sogar vor Schädlingen warnen können: Untersuchungen anderer Forschenden zeigten, dass Bäume «merken», wenn die Blätter ihrer Nachbarn von Blattläusen angezapft werden. Sie beginnen, Abwehrstoffe zu produzieren, noch bevor ihre eigenen Blätter befallen werden.

Miro hat inzwischen alle Trüffelknollen gefunden und nascht genüsslich von der mit wohlriechenden Pilzfäden durchzogenen Erde. Wenn es für die Trüffelsuche nicht so feine Hundenasen wie die seine bräuchte, könnte das Überwachungsnetzwerk durchaus um einiges grösser sein: «Der Burgundertrüffel ist häufiger als bisher angenommen», sagt Simon Egli. Trotz seines Rufs als kulinarische Exklusivität ist er in Buchenmischwäldern auf kalkhaltigen Böden weit verbreitet – in der Schweiz zum Beispiel im Jura und im Mittelland. «Seine weite Verbreitung macht ihn zu einem wichtigen Pilz für unsere Mykorrhiza-Forschung.»

(bki)

Mehr zur Mykorrhiza-
forschung:
[www.wsl.ch/
mykorrhiza](http://www.wsl.ch/mykorrhiza)

Pierre Huguenin, Sion

«Das Lawinentestgelände des SLF im Vallée de la Sionne ist für mich nicht nur Arbeitsplatz, sondern auch Erholungsort. Hierher komme ich gerne auch am Wochenende mit meiner Familie, um die Natur zu genießen. Die Aussicht auf die umliegenden Berge ist grossartig.»



LAWINEN KONTROLLIERT AUSLÖSEN

Der Ingenieur und Bergführer Pierre Huguenin leitet die WSL-Aussenstelle in Sion. Er betreut das Versuchsgelände im Vallée de la Sionne bei Arbaz (VS), auf dem spontane Lawinen gemessen und Experimente zur Lawindynamik durchgeführt

werden. Zudem pflegt er Kontakte mit den Behörden im Wallis, beantwortet Medienanfragen und wertet Daten für Forschungsprojekte aus. Das breite Aufgabenspektrum gefällt ihm: «Der Wechsel zwischen Büro- und Feldarbeit ist sehr anregend.»

WALD Satellitenbilder ermöglichen schnelle Übersicht über landesweite Sturmschäden im Wald



Bisher wurde vom Boden aus bestimmt, welche Schäden ein Sturm im Wald verursacht hatte.

Erinnern Sie sich an Burglind? Das Tiefdruckgebiet brachte uns am 2. und 3. Januar 2018 Sturmböen von bis zu 201 km/h und fällte oder knickte in der Schweiz zigtausend Bäume. Da der Bund etwa zwei Wochen nach einem grossen Windwurfereignis eine Übersicht über die vom Sturm gefällte Holzmenge verlangt, schwärmten landesweit Forstleute aus und schätzten alle betroffenen Waldstücke. Jeder Kanton meldete die aufsummierte Holzmenge dann dem Bundesamt für Umwelt (BAFU). In der Schweiz lagen etwa 1,3 Millionen Kubikmeter Holz am Boden, ungefähr ein Viertel der mittleren Holznutzung eines Jahres – nur das Tessin war verschont worden.

Forschende der WSL fragten sich, ob die Analyse von Satellitenbil-

dern nicht schneller und auch kostengünstiger einen ersten Überblick geben könnte. Darum besorgten sie sich zusammen mit Spezialisten der Remote Sensing Laboratories der Universität Zürich Bilder des Satellitenpaares Sentinel-1, die mit einem Radar-Sensor die Erdoberfläche abtasten. Anschliessend verglichen sie mithilfe einer Software Bilder, welche die Satelliten vor und nach dem Sturm aufgenommen hatten. Die ersten Ergebnisse waren ernüchternd. «In einigen Gebieten wurden die Windwürfe realistisch abgebildet, in anderen jedoch nicht. Dies hat wohl in erster Linie mit der komplexen Topografie der Schweiz zu tun», sagt Marius Rüetschi von der Gruppe Fernerkundung der WSL. Ein weiteres Problem war der Schnee. Denn

liegendes, von Schnee bedecktes Holz nahm die Software oft nicht als Sturmschaden wahr.

Es gelang den Fachleuten jedoch, die methodischen und technischen Unsicherheiten in den Griff zu bekommen. In Zusammenarbeit mit einigen Kantonen sahen sie sich nun Sturmflächen in natura an und verglichen Windwurfflächen mit der Auswertung der Satellitenbilder. Das Ergebnis: Grossflächig vom Sturm zerzauste Wälder erkannte das Computerprogramm auf dem Satellitenbild zwar treffsicher, kleinere umgeworfene Baumgruppen hingegen weniger.

«Wir sind mit dieser Technologie auf einem vielversprechenden Weg», sagt Rüetschi, «auch wenn mehr Faktoren die Genauigkeit solcher Analysen beeinflussen als zunächst angenommen». Er blickt darum erwartungsvoll in die Zukunft: «Alles, was wir jetzt noch brauchen, ist ein weiterer Sturm», meint er mit einem Augenzwinkern. (rlä)

www.wsl.ch/sturm-windwurf

WALD Wie eine einfache Zahl hilft, die Wald-Wild-Diskussion zu versachlichen

Wildhuftiere wie Hirsche, Rehe und Gämsen ernähren sich im Winter von Knospen, Nadeln und Trieben junger Bäume. Durch diesen Verbiss erneuert sich der Wald unter Umständen nur schlecht. Mit dem sogenannten «Verbissprozent» misst man, in welchem Verhältnis verbissene und unbeschadete Bäume in einem Gebiet zueinander stehen. Wird die Pflanzenzahl erhöht oder die Anzahl der Wildhuftiere reduziert, werden proportional weniger Pflanzen verbissen. Das neue WSL-Merkblatt für die Praxis «Das Verbissprozent – eine Kontrollgrösse im Wildmanagement» zeigt, wie diese einfach messbare Grösse eingesetzt wird. Mit ihr lässt sich die Verbissbelastung in einem Gebiet feststellen und überprüfen, ob getroffene Massnahmen über die Jahre wirken. Da sowohl Förster als auch Jäger und andere Waldnutzer das Verbissprozent beeinflussen können, trägt dies dazu bei, die Diskussionen rund um «Wald und Wild» zu



Im Winter fressen Gämsen unter anderem junge Triebe von Bäumen.

versachlichen. Das Merkblatt ist in Deutsch und Französisch und als PDF auf der Website der WSL erhältlich. (mmo)

www.wsl.ch/mb-verbiss

Kulturlandschutz: Die Schweiz braucht bessere Bodendaten

Die Angst, dass der Schweiz in Krisenzeiten die Nahrungsmittel ausgehen könnten, bescherte dem Schweizer Ackerland seinen derzeit wichtigsten Schutzschild gegen Bagger und Baukräne. Der Sachplan Fruchtfolgeflächen (SP FFF) aus dem Jahr 1992 schreibt den Schutz von insgesamt 438 460 Hektaren ackerfähigen Landes zwecks «Ernährungssicherung im Krisenfall» vor. Das entspricht etwa einem Zehntel der Landesfläche.

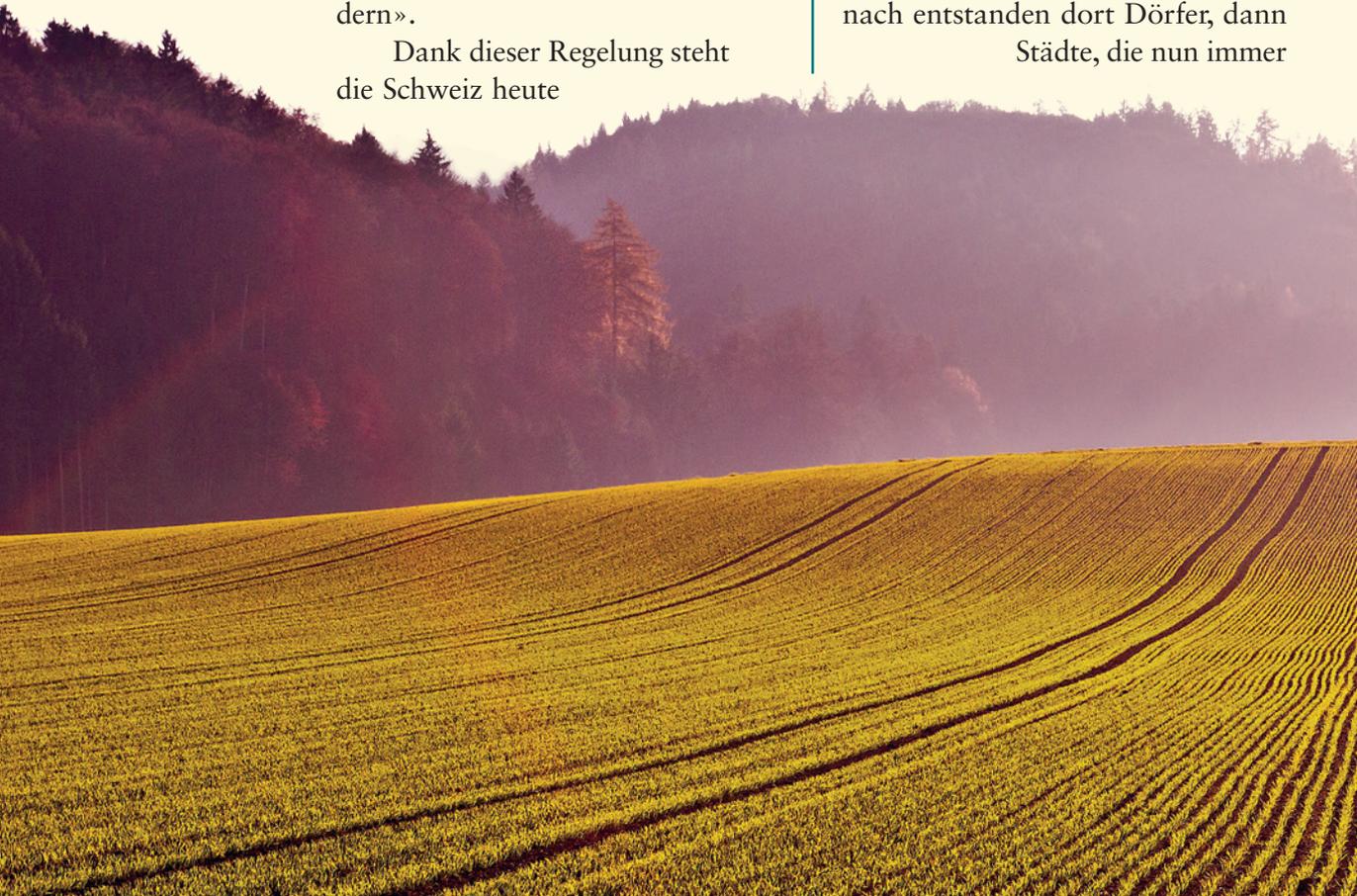
Der Sachplan ist bundesweit verbindlich. Die Fläche von Kulturland, die erhalten bleiben muss, wird unter den Kantonen aufgeteilt. «Das ist ein gutes Konzept», urteilt Silvia Tobias von der WSL-Forschungsgruppe Landnutzungssysteme. Sie ist Mitautorin des WSL-Berichts «Instrumente zum Schutz des Kulturlandes: Ein Vergleich der Schweiz mit ausgewählten europäischen Ländern».

Dank dieser Regelung steht die Schweiz heute

beim Erhalt der fruchtbarsten Böden international nicht schlecht da. Auch die meisten anderen untersuchten Länder haben erkannt, dass der Verlust von Kulturland dringend gebremst werden muss. Sie gehen dabei laut dem Bericht unterschiedlich vor. Während die Schweiz auf die Nahrungsmittelproduktion fokussiert, setzt man anderswo auf den Erhalt von Grünzonen mit diversen Funktionen wie Landwirtschaft, Naturschutz oder Erholung, insbesondere rings um die Städte. Beispiele sind die britischen «Green Belts».

Böden leisten viele Dienste

In Stadtnähe stehen die fruchtbaren Böden am stärksten unter Druck. «Das Wachstum der Städte findet auf den besten Böden statt», sagt Tobias. Das hat historische Gründe: Die Menschen liessen sich auf dem ertragsreichsten Land nieder. Nach und nach entstanden dort Dörfer, dann Städte, die nun immer



weiter in die Landwirtschaftszonen hinein wuchern.

Kulturland ist indes weit mehr als Anbaufläche für Nahrungsmittel: Es filtert Trinkwasser, schützt vor Hochwasser und Bodenerosion, beherbergt seltene Arten und dient als Erholungsraum. Der Schweizer Sachplan stellt die Produktionsfunktion klar in den Vordergrund. In einigen deutschen Bundesländern werden hingegen bei der Raumplanung auch andere Leistungen des Bodens wie Natur- oder Gewässerschutz berücksichtigt. Dieses System lässt eine flexiblere Planung zu, erklärt Tobias: Man könne nicht nur zwischen Acker- oder Hausbau abwägen, sondern auch zwischen verschiedenen Leistungen der Böden.

Flächendeckende Bodenkarten fehlen

Grundlage für diese Interessenabwägungen sind hochaufgelöste, flächendeckende Karten der Bodeneigenschaften. Ausgerechnet in der sonst so gut vermessenen Schweiz fehlt diese Kartierung. «Das Bewusstsein, wie wichtig Böden sind, ist in der Bevölkerung, aber auch bei den Ämtern unzureichend», meint Frank Hagedorn von der WSL-Forschungsgruppe Biogeochemie. Er hat das

Teilprojekt «Boden und Umwelt» des Nationalen Forschungsprogramms NFP 68 «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» geleitet. Eine der Empfehlungen an den Bund ist es, Schweizer Böden landesweit zu kartieren und einheitlich zu analysieren.

Dem schliesst sich auch die Expertengruppe an, welche die derzeit laufende Überarbeitung des Sachplans Fruchtfolgeflächen begleitete und der auch Silvia Tobias angehörte. Sie empfiehlt weiter, auch andere Bodenfunktionen wie Naturschutz oder Erholung zu berücksichtigen und Fruchtfolgeflächen den gleichen Schutzstatus wie dem Wald einzuräumen: Wo Wald zerstört wird, muss er andernorts wieder aufgeforstet werden. «Das gleiche soll für das Kulturland gelten», sagt Tobias. (bki)

www.wsl.ch/bericht-kulturland

Land für Ackerbau ist in der Schweiz gut geschützt, andere Bodenfunktionen wie Natur- oder Gewässerschutz werden hingegen wenig berücksichtigt.



In welchen Regionen sich aus Biomasse zusätzliche Energie gewinnen lässt

Biomasse ist weit mehr als Holz und Mist, mit denen der Mensch seit Jahrtausenden Wärme erzeugt und Kochstellen befeuert. Auch Sägespäne, Schnittgut von Strassen- und Bahnböschungen, biologische Industrie- und Gewerbeabfälle und Klärschlamm fallen unter diesen Sammelbegriff. WSL-Untersuchungen zeigen: In Biomasse, vor allem in Waldholz und Hofdünger, also Mist und Gülle, schlummert heute viel erneuerbare Energie. Wenn man diese nutzt, spart man klimaschädliche Treibhausgase wie Methan ein. Etwa neun Prozent des Schweizer Bruttoenergieverbrauchs liessen sich damit decken. Gegenüber Wind- und Sonnenenergie hat Bioenergie den Vorteil, dass sie sich jederzeit erzeugen lässt und nicht nur dann, wenn der Wind weht oder die Sonne scheint.

Bisher war nicht bekannt, wie viel Biomasse in jeder Gemeinde der Schweiz nachhaltig für Energiezwecke zur Verfügung steht. Die WSL-Forschenden haben daher untersucht, welche Menge von jedem Biomassetyp regelmässig anfällt. Zudem verwendeten sie gesellschaftliche und politische Kennzahlen, etwa zu Beschäftigung und Einkommen in den Gemeinden oder zu Resultaten der Abstimmung über die Energiestrategie 2050. Die Kenntnis dieser Grössen kann helfen, die Chancen der Realisierung von Bioenergieprojekten zu beurteilen.

Hotspots im Mittelland und in den Städten

«Unsere Ergebnisse zeigen nun erstmals, in welchen Regionen die besten Chancen für die vermehrte Nutzung

von Biomasse liegen», sagt Vanessa Burg von der WSL. Die Studie weist Hotspots aus, also Gegenden, in denen ein Biomassetyp oder mehrere in besonders grossem Umfang anfallen. Zum Beispiel gibt es Gebiete mit viel Waldholz, Hofdünger oder Klärschlamm. Die meisten Hotspots befinden sich im Mittelland, insbesondere in den Kantonen Zürich, Bern und Waadt. Hier sind einerseits viele landwirtschaftliche Betriebe ansässig, in denen grosse Mengen Hofdünger entstehen. Andererseits gehören auch Städte und Agglomerationen zu den Hotspots, denn hier fällt auf engem Raum viel Bioabfall und auch Klärschlamm an. In den alpinen Regionen hingegen liegen gemäss dieser Studie keine Biomasse-Hotspots. Dort bestehen zwar erhebliche Reserven, beispielsweise beim Waldholz. Dieses lässt sich jedoch nur mit hohen Kosten ernten und transportieren.

Die ermittelten Biomassepotenziale sind in einem Geografischen Informationssystem (GIS) gespeichert und sollen über das Internet zugänglich gemacht werden. «Für eine Gemeinde bietet sich so eine gute Entscheidungsgrundlage, ob sie aus Biomasse zusätzliche Energie gewinnen will oder nicht», sagt Vanessa Burg. (rlä)

Laurens Perseus, Davos

«Seit meiner Kindheit verbringe ich jede freie Minute im Snowpark auf dem Jakobshorn. Obwohl ich mich öfters verletzt habe, stand ich danach wieder direkt auf dem Board. Mein Ziel ist es, einen «back-side double cork 1080» zu schaffen. Dabei drehst du dich zweimal über den Kopf und dreimal um die eigene Achse.»



GERÄTE FÜR MESSUNGEN UND EXPERIMENTE ENTWICKELN

Laurens Perseus ist im dritten Lehrjahr seiner Ausbildung als Elektroniker mit Berufsmatura. Er interessiert sich für technische Zusammenhänge und mag das handwerkliche Arbeiten genauso wie das Programmieren von elektroni-

schen Schaltungen. Am SLF hilft er unter anderem mit, ein Gerät zu produzieren, das die Härte der Schneedecke misst. Nach Abschluss der Lehre stehen ihm viele Türen offen, etwa ein Studium an einer technischen Fachhochschule.

BIODIVERSITÄT Die Wiedervernässung von Mooren wirkt sich positiv aus

Ariel Bergamini blickt vom Waldrand auf das Hagenmoos, ein knapp vier Hektaren grosses Hochmoor bei Kappel am Albis. Vor dem WSL-Botaniker wiegen hunderte weisser Federbüschel im Wind: «Das Scheidige Wollgras ist ein typischer Bewohner dieses Hochmoors», sagt er. «Nach dessen Renaturierung und dem damit verbundenen Ansteigen des Wasserspiegels ist diese Pflanze hier wieder häufiger». Bei einem Augenschein im Moor entdeckt Bergamini neben sieben Torfmoosarten weitere charakteristische Pflanzen wie die Moosbeere und die Rosmarinheide.

Das Hagenmoos gehört seit 1991 zum Bundesinventar für Hoch- und Übergangsmoore von nationaler

Bedeutung. Es ist eines von mehreren Tausend Mooren in der Schweiz, die der Mensch im vergangenen Jahrhundert mithilfe von Graben- und Drainagesystemen trockengelegt hat, oft um Torf abzubauen. Nach Annahme der Rothenthurm-Initiative 1987 waren Moore geschützt, einige wurden nach und nach wieder vernässt, darunter auch das Hagenmoos. Es bleibt aber noch viel zu tun.

Torfmoose brauchen nasse Füsse

Der strenge Schutz der noch bestehenden 551 Hoch- und Übergangsmoore in der Schweiz soll nicht nur die wenigen intakten Hochmoore erhalten, sondern verlangt auch, dass



Im Hochmoor Hagenmoos (ZH) ist der Wasserspiegel nach der Renaturierung angestiegen. In den trockeneren Randbereichen wachsen noch zahlreiche Gehölze wie Faulbaum und Birke, teilweise auch Fichten.

trockengelegte Moore renaturiert werden. «Dies bedeutet vor allem, den Wasserspiegel soweit anzuheben, dass die für Hochmoore typischen, wasserspeichernden Torfmoose dauernd nasse Füsse haben», erklärt Bergamini. Dann bildet sich langsam neuer Torf und das Moor wächst in die Höhe, im Schnitt einen Millimeter pro Jahr, also einen Meter in tausend Jahren.

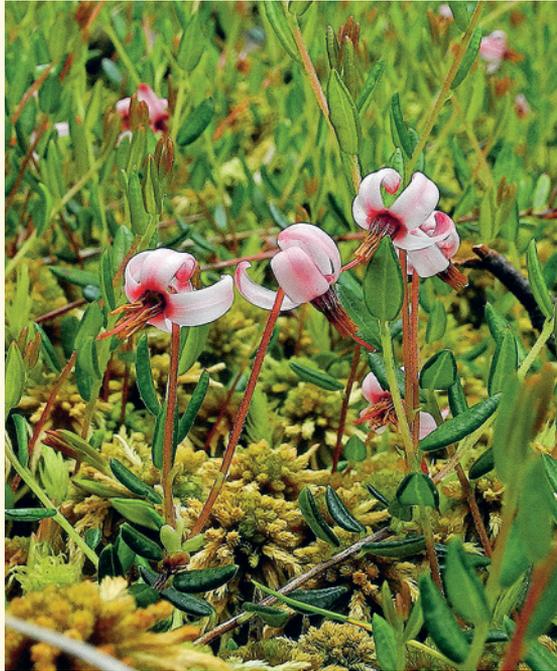
Den Wasserstand zu erhöhen ist ein arbeits- und kostenintensiver Prozess. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Abfluss des Wassers aus dem Moor zu stoppen. So wurde beispielsweise am Rand des Hagenmoos ein wasserundurchlässiger Lehm-damm aufgeschüttet und in bestehende Gräben wurden kleine, in der Höhe verstellbare Stauwehre eingebaut. Andernorts verhindern quer zur Abflussrichtung der Gräben erstellte Spundwände aus Holz oder Stahl den Wasserverlust.

Vegetation weist auf typische Moorstandorte hin

Im Rahmen der «Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz», die das Bundesamt für Umwelt (BAFU) koordiniert, untersuchen Forschende der WSL, wie sich die Moore schweizweit entwickeln, darunter auch solche, die renaturiert wurden. Auf kleinen, fest markierten Stichprobenflächen erfassen sie, wie häufig Moose, Gräser und Kräuter sowie Sträucher und Bäume sind und welche Fläche die einzelnen Pflanzenarten bedecken. Wichtig sind besonders deren sogenannte Zeigerwerte, denn diese spiegeln Standorteigenschaften wie Feuchtigkeit, Nährstoffgehalt sowie pH-Wert und Humusanteil des Substrats wider.

Die Wiedervernässung im Hagenmoos scheint erfolgreich zu verlaufen: Torfmoose und andere auf

Hochmoore spezialisierte Pflanzen sind zahlreich. In Teilen des Moors hat sich unterdessen eine Oberflächenstruktur aus Bulten und Schlenken gebildet, also kleinen moosbewachsenen, etwas trockeneren Hügelchen, zwischen denen tiefere,



Die Gemeine Moosbeere (*Vaccinium oxycoccos*) wächst meistens in einem Teppich aus Torfmoosen.

oft wassergefüllte Bereiche liegen. «Bis aber aus einem trockengelegten Hochmoor wieder eines wird, das diese Bezeichnung verdient, braucht es einen langen Schnauf», sagt Bergamini. «Fünfzehn Jahre nach meinem letzten Besuch sehe ich heute im Hagenmoos, dass sich die Torfmoose gut entwickelt haben. Dieses Moor ist offenbar auf dem richtigen Weg», freut er sich. (rlä)

www.wsl.ch/biotopschutz

BIODIVERSITÄT Erste landesweite «Volkszählung» für Waldameisen und ihre Haufen



Ameisenhaufen aus Föhrennadeln im Mürtschentäl (GL) in etwa 1500 m Höhe.

Nicht nur für Menschen, auch für staatenbildende Ameisen scheint geeigneter Wohnraum in der Schweiz knapp. Dies zeigt die erste landesweite Volkszählung der Waldameisenhaufen durch die WSL im Rahmen des vierten Landesforstinventars (LFI). Nur auf jeder zwanzigsten der über 6500 beprobten Flächen fanden sich Ameisenhaufen, gebaut von den fünf im Schweizer Wald vorkommenden Roten Waldameisenarten (*Formica rufa*-Gruppe). Schweizweit macht das hochgerechnet etwa 1,4 Haufen pro Hektare Wald, während es in Europa im Schnitt fünf sind. Im

Mittelland fanden sich zehnmals weniger Nester als im Schweizer Durchschnitt.

Es zeigte sich, dass Ameisen gerne dort Haufen bauen, wo es Nadelbäume, Morgensonne, eine dichte Krautschicht am Boden sowie offene Waldstrukturen gibt. Dort finden sie reichlich Blattläuse, deren süsse Ausscheidungen sie hauptsächlich fressen. Überraschend war, dass die Ameisen keine grösseren, zusammenhängenden Waldstücke benötigen. Die meisten Nester fanden sich in Lagen auf über 900 Metern Höhe. «Wir sind erst daran herauszufinden, warum es im Mittelland so wenige Haufen hat», sagt Studienleiterin Anita Risch von der Forschungsgruppe Tier-Pflanzen-Interaktionen. «Ich nehme an, dass die Wälder dort stärker vom Menschen beeinflusst werden.» Deshalb liegt das Augenmerk der Forscher momentan auf den menschlichen Aktivitäten im Wald: «Wir werten aus, wie stark etwa Waldmanagement, Erschliessung oder Freizeitverhalten die Verteilung der Waldameisen beeinflussen», sagt Risch.

Ob die Zahl der Ameisenhaufen zunimmt oder zurückgeht, kann man derzeit noch nicht sagen. «Bisher wusste man wenig über deren Verteilung», sagt Beat Wermelinger, Insektenspezialist an der WSL. Die Volkszählung liefert nun erstmals verlässliche Basisdaten, um die zukünftige Entwicklung der Waldameisen verfolgen zu können. (bki)

NATURGEFAHREN Eine gute Kenntnis der Lage hilft, die Bevölkerung frühzeitig vor Naturgefahren zu warnen

Ob Hochwasser, Murgänge, Stein- schlag oder Lawinen: Als alpines und dicht bevölkertes Land ist die Schweiz Naturgefahren besonders ausgesetzt. Damit die Sicherheitsverantwortlichen bei Bund, Kantonen und Gemeinden die Bevölkerung vor Naturgefahren warnen und Massnahmen rasch einleiten können, brauchen sie schnellen und einfachen Zugang zu Messdaten und Prognosen. Die «Gemeinsame Informationsplattform für Naturgefahren GIN» stellt diese Informationen den Fachleuten zentral auf einem Internetportal zur Verfügung. GIN ist ein Gemeinschaftsprodukt des Bundesamts für Umwelt (BAFU), von MeteoSchweiz, des Schweizerischen Erdbebendienstes SED und des SLF, das auch die Webapplikation programmiert hat.

Von Windstärken über Wasserstände bis zu Schneehöhen: Über

hundert Messgrössen von mehr als 700 automatischen Messstationen werden im Minutentakt aktualisiert. Alle Daten und Prognosen der Fachstellen sind miteinander kombinierbar. Fachleute können sich zum Beispiel im Frühling die aktuellen Abflüsse zusammen mit den Schneemengen und der Niederschlagsprognose in einer Karte darstellen lassen. In den letzten Jahren hat das SLF das Portal überarbeitet, um die Benutzerfreundlichkeit ins Zentrum zu stellen und Erfahrungen aus der Praxis aufzunehmen. Matthias Gerber, Leiter des SLF-Entwicklerteams: «Ein weiterer Schritt in den nächsten drei Jahren ist die Entwicklung einer Mobile-App. Da vieles im Naturgefahrenbereich draussen passiert, müssen die Fachleute auch unterwegs Zugang zum Portal haben.»



Extremereignisse wie Stürme können grosse Schäden anrichten. Um Naturgefahren gut bewältigen zu können, arbeiten die Fachstellen des Bundes eng zusammen.



Dank frühzeitiger Warnung können geeignete Massnahmen ergriffen und Schäden vermieden werden.

Beim «Best of Swiss Web Award», welcher die besten Digitalprojekte der Schweiz prämiert, wurde GIN 2018 mehrfach ausgezeichnet. Die Jury befand, dass das Projekt ein her-

vorragendes Beispiel für eine gelungene ämterübergreifende Zusammenarbeit im E-Government sei. Die Öffentlichkeit kann sich über die Informationsplattform www.naturgefahren.ch zur aktuellen Naturgefahrenlage informieren. (sni)

www.slf.ch/gin

NATURGEFAHREN Ethisches Dilemma in der Lawinenrettung: Wem helfe ich zuerst?

Drei Skitourengeher machen sich bereit für die Abfahrt über den Gipfelhang. Als der letzte von ihnen losfahren will, löst sich eine Schneebrettlawine. Seine beiden Kollegen werden erfasst und vollständig verschüttet. Sofort beginnt der Dritte mit der Suche. Schnell findet er mit seinem Lawinenverschütteten-Suchgerät das erste Opfer und gräbt es aus. Doch es zeigt keinerlei Lebenszeichen. Er versucht, es mit Herzdruckmassage und Beatmung zu reanimieren – ohne Erfolg. Die Minuten verstreichen, während das zweite Opfer noch immer unter dem Schnee liegt. Soll der Retter trotzdem die Reanimation des ersten Opfers fortsetzen? Oder soll er stattdessen den zweiten Verschütteten bergen, bevor es für diesen ganz sicher zu spät ist?

Das fiktive Beispiel verdeutlicht, in welchem Dilemma Helferinnen und Helfer stecken, wenn sie nicht alle Opfer eines Lawinenunglücks

gleichzeitig retten können. «Solche Situationen sind eher selten, kommen aber immer wieder vor», sagt Jürg Schweizer, Leiter des SLF und der Forschungseinheit Lawinen und Prävention. In Ausbildungskursen zur Lawinenrettung wird häufig die Frage gestellt, was in einer solchen Situation am besten zu tun sei.

Nach einer offiziellen Empfehlung der Internationalen Kommission für alpine Rettung (IKAR) sollen bei Lawinenunfällen Opfer, die keine Lebenszeichen zeigen, mindestens 20 Minuten lang reanimiert werden. «Doch gibt es einen weiteren Verschütteten, sinken dessen Überlebenschancen derweil dramatisch», sagt Schweizer. Wann sollte also die Reanimation des ersten Opfers beendet und nach dem zweiten Opfer gesucht werden, um die Überlebenschancen beider zu optimieren?

Genau diese Frage beschäftigte den Schweizer Lawinenrettungsspe-

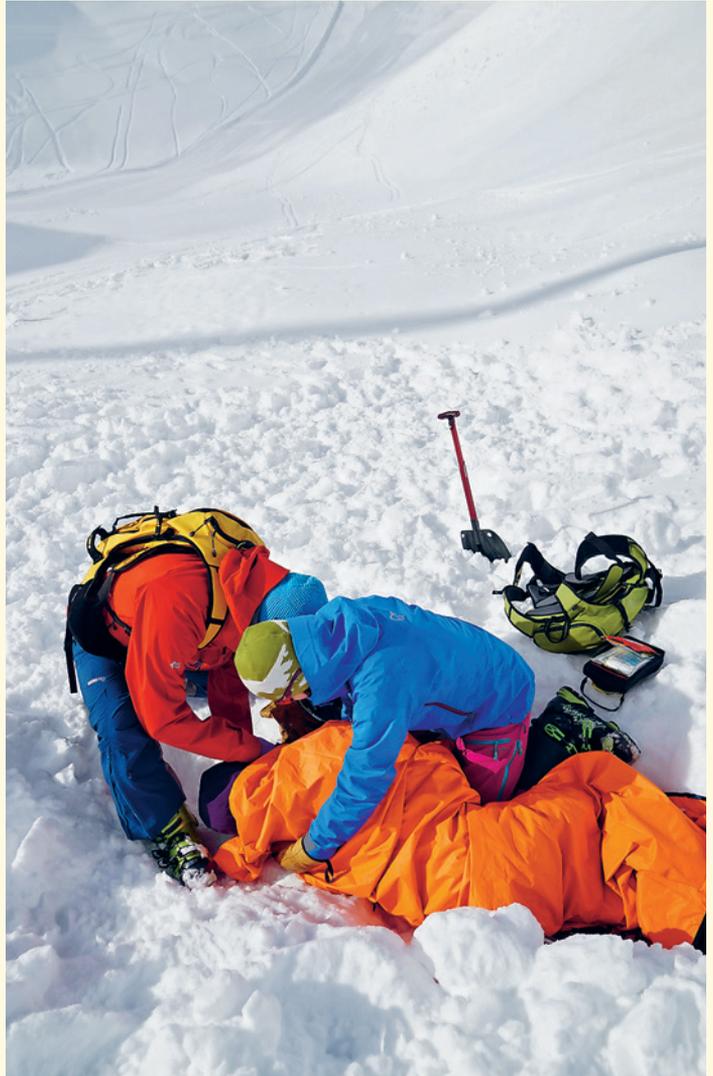
zialisten Manuel Genswein schon länger. Gemeinsam mit ihm, weiteren Lawinenforschenden und Notfallmedizinern versuchte Jürg Schweizer in einer Studie, eine Lösung für das eingangs beschriebene Szenario mit zwei Verschütteten und einem Retter zu finden. Da keine Daten von Fallbeispielen existieren, führten die Forschenden eine sogenannte Monte-Carlo-Simulation am Computer durch – ein Novum in der Notfallmedizin. Diese ermittelt mithilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung den besten Zeitpunkt, wann die Wiederbelebung des ersten Opfers beendet und das zweite Opfer geborgen werden soll. Als Grundlage für die Simulation verwendeten die Forschenden existierende Daten zur Überlebenschance von Verschütteten sowie zum Gesundheitszustand von Patienten nach einem Herzstillstand, die unterschiedlich lang reanimiert wurden.

Aktuelle Empfehlung überdenken

Das Ergebnis zeigte, dass bei einer Reanimation des ersten Opfers von einigen wenigen Minuten und anschliessender Suche des zweiten Opfers die Wahrscheinlichkeit am grössten ist, dass beide überleben. «Das bedeutet, dass eine 20-minütige Reanimation, wie sie offiziell empfohlen wird, in diesem Fall zu lang ist», sagt Schweizer. Er plädiert deshalb dafür, neue Empfehlungen zu erarbeiten. Als Grundlage dafür brauche es jedoch weitere Untersuchungen und bessere medizinische Daten, um die Ergebnisse der aktuellen Studie zu untermauern.

«In einer Notfallsituation eine Triage vorzunehmen, ist natürlich ethisch immer heikel», sagt Schweizer. Allerdings liesse es sich ohnehin

nicht vermeiden, Entscheidungen zu treffen, und diese sollten dann so gut wie möglich sein. Den Grundsatz, die Überlebenschance zu optimieren, wendet man heute schon an, wenn mehrere Retter mit Sonden nach einem Verschütteten suchen.



Bei Lawinenunfällen müssen Verunglückte so schnell wie möglich ausgegraben und versorgt werden, damit sie eine Überlebenschance haben.

Dabei wird so sondiert, dass sich Geschwindigkeit und Gründlichkeit der Suche die Waage halten, so dass die Chance möglichst gross ist, das Opfer lebend zu finden. (cho)

SCHNEE UND EIS Ressourcen schonen bei Beschneigung und Pistenpräparation

Kaum ist es im Herbst kalt genug, legen sie los, die Schneilanzen und Schneekanonen. Jedes Wintersportgebiet will spätestens an Weihnachten den Gästen alle Pisten zur Verfügung stellen, egal ob Frau Holle mitspielt. Aber oft werden Wasser und Energie verschwendet: Der Föhn putzt die Schneevorräte weg, Wind verbläst den Schnee während der Produktion. Oder es wird mehr produziert als nötig. Schätzungen gehen von rund dreissig Prozent Verlust aus – auch finanziell.

Hier setzt das 2017 gestartete europäische Projekt PROSNOW an. Pirmin Ebner bearbeitet es am SLF und erklärt: «Die Wintersportgebiete sollen künftig auf drei, vier Wochen hin wissen, welches Wetter sie erwartet. Das können sie dann bei der Schneeproduktion berücksichtigen.»

Ein Webportal wird die beteiligten Skigebiete – in der Schweiz ist es Lenzerheide-Arosa – ab 2020 beim Schneemanagement unterstützen. Dafür erweitert Ebner die SLF-Schneedecken-Simulationsprogramme SNOWPACK/Alpine3D. Denn präparierte Pisten und Haufen aus technisch hergestelltem Schnee reagieren anders aufs Wetter als Naturschnee. Und auch lokale Begebenheiten gilt es zu berücksichtigen: Der Schattenwurf einer steilen Bergflanke kann den entscheidenden Temperaturunterschied ausmachen. (bio)

prosnow.org



Technischer Schnee kostet Wasser, Energie und Geld. Daher sollte nur genau so viel hergestellt werden wie nötig.

Bild: Marcia Phillips, SLF

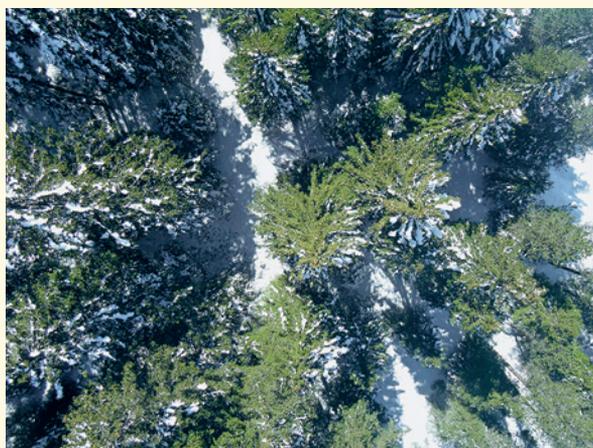
SCHNEE UND EIS Glitzerndes Weiss auf grünen Fichten: Wie verschneite Wälder das Klima beeinflussen

Immergrüne Nadelwälder absorbieren durch ihre dunkle Farbe viel Sonnenstrahlung. Dabei erwärmt sich die Erdatmosphäre. Liegt jedoch im Winter Schnee auf den Ästen oder am Waldboden, reflektiert dieser die Strahlung. Um Wetter und Klima korrekt modellieren zu können, müssen diese Schwankungen der Abstrahlung berücksichtigt werden. Doch wie gross die Variationen sind und wovon sie genau abhängen, war bisher nicht klar, da detaillierte Messdaten fehlen.

Um solche zu erhalten, haben Forschende der Gruppe Schneehydrologie des SLF eine Drohne mit Strahlungssensoren eingesetzt. Diese liessen sie an mehreren Tagen in den Wintern 2016/17 und 2017/18 über einen Fichtenwald nahe Davos fliegen. Der Sensor mass an einer Reihe unterschiedlicher Standorte, wie viel Prozent der einfallenden Sonnenstrahlung von unten reflektiert wurde. «So konnten wir vor allem die kleinräumigen Unterschiede sichtbar machen», sagt Gruppenleiter Tobias Jonas.

Dichte des Waldes spielt eine Rolle

Das Ergebnis: Besonders im dichten Wald erhöhte Schnee auf den Bäumen die Rückstrahlung stark – um bis zu dreissig Prozent. «Dass der Effekt so gross sein kann, war bisher nicht bekannt», sagt Jonas. Die umgekehrte Wirkung hatte der Schattenwurf der Bäume, vor allem im lichten Wald: Bei niedrigem Sonnenstand verdunkelten die Schatten viel schneebedeckten Waldboden, was die Rückstrahlung in diesem Fall um bis zu dreissig Prozent reduzierte.



Dasselbe Waldstück an zwei Wintertagen: Schnee, Schatten und Dichte des Baumbestands haben grossen Einfluss darauf, wie viel Sonnenstrahlung reflektiert wird.

«Diese Zusammenhänge sollten künftig in Modellrechnungen berücksichtigt werden, um den Einfluss von Schnee in Wäldern realistischer abzubilden», sagt Jonas. Deshalb werden er und sein Team weitere Messdaten sammeln, mit deren Hilfe sie hochaufgelöste Modelle zur Schneeschmelze sowie genauere Klimamodelle entwickeln. *(cho)*

www.slf.ch/schnee-wald

Martina Hobi, Birmensdorf

«Das Lettenviadukt in Zürich ist im Sommer mein Weg zur Flussbadi. Ich wohne ganz in der Nähe und schätze es sehr, dass man mitten in der Stadt so naturnah baden gehen kann. Auch im Winter gehe ich hier oft spazieren.»



WAS PASSIERT IM URWALD?

Martina Hobi untersucht, wie sich bewirtschaftete von unbewirtschafteten Wäldern unterscheiden. Da ausgedehnte Urwälder in der Schweiz fehlen, ist sie auch in der Ukraine unterwegs. Hier gibt es noch riesige, unberührte Buchenwälder. Aus

den natürlichen Abläufen im Urwald und in den Naturwaldreservaten der Schweiz leiten sie und ihr Team Referenzwerte für den naturnahen Waldbau ab. «Mich fasziniert die Schönheit von Wäldern, die sich ohne den Menschen entwickeln.»



Biodiversität ist mehr als die Summe einzelner Blumen und Insekten, zum Beispiel in einer blühenden Wiese. Sie ist die Vielfalt der Gene, der Arten und der Lebensräume und schliesst die Wechselbeziehungen innerhalb und zwischen diesen drei Ebenen ein. Die Biodiversität stellt sicher, dass wir Nahrung und sauberes Wasser haben und dass sich Ökosysteme an veränderte Umweltbedingungen anpassen können. Doch die Vielfalt ist bedroht, weltweit und auch in der Schweiz: Die Artenzahlen nehmen drastisch ab, wertvolle Lebensräume wie Moore oder Trockenwiesen verschwinden zusehends. Ursachen dafür sind hauptsächlich Änderungen der Landnutzung und der Klimawandel. Forschende der WSL untersuchen den Zustand und die Veränderungen der Biodiversität auf allen Ebenen und tragen mit wissenschaftlichen Grundlagen dazu bei, dass die Vielfalt erhalten bleibt – zum Wohle von uns allen.

Das DIAGONAL kostenlos abonnieren:
www.wsl.ch/diagonal

Bezug einzelner Exemplare:
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111,
CH-8903 Birmensdorf
eshop@wsl.ch

IMPRESSUM

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

Text:
Lisa Bose (lbo), Claudia Hoffmann (cho), Beate Kittl (bki), Reinhard Lässig (rlä), Martin Moritzi (mmo), Sara Niedermann (sni), Birgit Ottmer (bio)

Redaktionsleitung:
Lisa Bose, Claudia Hoffmann;
diagonal@wsl.ch

Gestaltung:
Raffinerie AG für Gestaltung, Zürich

Layout: Sandra Gurzeler, WSL

Druck: cube media AG, Zürich

Auflage und Erscheinen:
5200, zweimal jährlich

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

Zitierung:
Eidg. Forschungsanstalt WSL, 2018:
WSL-Magazin Diagonal, 2 / 18.
36 S., ISSN 2296-3561

PERSONEN



Die WSL-Redaktion von links nach rechts; oben: Sandra Gurzeler, Birgit Ottmer, Beate Kittl, Claudia Hoffmann; unten: Reinhard Lässig, Sara Niedermann, Lisa Bose

Jalon

Finnenkluppe-
Teleskopstange

Finnenkluppen-
Boumerang

DER LFI-RUCKSACK

Umfang-
Messband

25 m-Messband

20 m-Messband

Gertel

Hammer

Fotokamera

Bussole

BHD-Kluppe

Rega-Funkgerät

360° Kamera

Smartphone

Doppelmeter

Draht-
bürste

GPS klein

Klappsäge

Sackmesser

Reissshaken

GPS gross

Landeskarte
1:25 000

Gehölz-
Bestimmungsbuch

Kompass

Neigungs-
messer

Rucksack

Baumhöhen-
messer

Höhenmesser

Farbdose

Baumhöhenmesser-
Transponder

Tablet-Computer

Arbeitshand-
schuhe

Mess-Gilet

50 m-Messband

Stativ

Metalldetektor

Feldapotheke

Mitarbeitende der WSL nehmen derzeit im Schweizer Wald die Daten für das fünfte Landesforstinventar (LFI) auf. Auf den LFI-Stichprobeflächen vermessen sie Bäume, beschreiben den Baumbestand und beurteilen die Standortverhältnisse. In einem Rucksack transportieren sie alle Geräte und Hilfsmittel, die sie dazu brauchen, zu den teilweise schlecht zugänglichen Probestellen. Zum Material gehören unter anderem mehrere GPS-Geräte, ein Baumhöhenmesser und die sogenannte Finnenkluppe. Mit dieser wird der Baumdurchmesser in sieben Meter Höhe gemessen. Zusammen mit dem Durchmesser auf 1,3 m Höhe und der Baumhöhe lässt sich das Baumvolumen berechnen.

Video auf:
www.wsl.ch/ding





Naturgefahren: Schneller warnen dank gemeinsamer Plattform, S. 29



Kulturlandschutz: Die Schweiz braucht bessere Bodendaten, S. 22

STANDORTE

Birmensdorf

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

Lausanne

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

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

Davos

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

Cadenazzo

Istituto federale di
ricerca WSL
Campus di Ricerca
a Ramél 18
CH-6593 Cadenazzo
Telefon 091 821 52 30
info.cadenazzo@wsl.ch
www.wsl.ch/cadenazzo

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 Wald, Landschaft, 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, Cadenazzo, Lausanne, Sitten und Davos (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF). Sie ist ein Forschungszentrum des Bundes und gehört zum ETH-Bereich. Kennzahlen der WSL finden Sie auf www.wsl.ch/geschaeftsbericht.

