

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Forschen für eine nachhaltige Zukunft

Nr. 2

22

Raumplanung: Was
die Digitalisierung
verändert, S. 24

Kalte Ökosysteme:
Wie Schnee die Natur
prägt, S. 27

Lawinen: Glasfaser-
kabel als Beobachter
vor Ort, S. 31

EDITORIAL

Liebe Leserin, lieber Leser
Spitzenforschung erbringen, die zur Bewältigung globaler gesellschaftlicher Herausforderungen beiträgt, und regional angepasste Lösungen entwickeln. So lautet kurz zusammengefasst unser Auftrag, wie auch unser Motto «Forschung für Mensch und Umwelt» zum Ausdruck bringt. Damit tragen wir in vielfältiger Weise zu den «Sustainable Development Goals» (SDG) bei. Sie sind ein breit gefächerter Katalog von 17 grossen Zielen für eine nachhaltige Zukunft für uns alle, den die Weltgemeinschaft festgelegt hat. Alle, die können, sollen helfen, sie zu erreichen. In diesem DIAGONAL zeigen wir einige unserer Beiträge auf. Ich bin von deren Breite und Umfang beeindruckt – und ein bisschen stolz, dass wir schon im Sinne der SDG gearbeitet hatten, lange bevor sie überhaupt formuliert wurden.

Vielleicht ist Ihnen der besondere Umschlag dieser Nummer aufgefallen. Mit ihm würdigen wir ein kleines Jubiläum: Sie halten heute die zwanzigste Ausgabe unseres Magazins in der Hand. Wir freuen uns, wenn Sie uns als treue Leserin, als treuer Leser auch in Zukunft begleiten!



Beate Jessel
Direktorin WSL



Die WSL und die SDG



17 ZIELE FÜR EINE BESSERE WELT

Die Sustainable Development Goals der UNO sollen in eine nachhaltige Zukunft führen. Auch die WSL leistet einen Beitrag dazu.

→ **2**

KERNTHEMEN

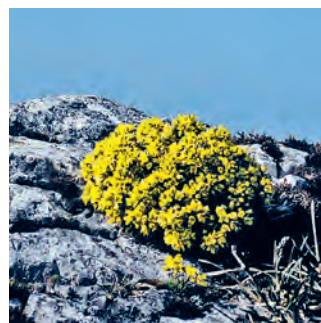
- 20 WALD**
- 23 LANDSCHAFT**
- 26 BIODIVERSITÄT**
- 30 NATURGEFAHREN**
- 33 SCHNEE UND EIS**



WILDNIS UND WOHNRAUM

Die Landschaft ist für alle da. Damit das so bleibt, braucht es frische Ideen bei der Planung.

→ **6**



QUO VADIS, FLORA?

Der Klimawandel verändert die Erde. Modellierungen zeigen, wie Pflanzen reagieren könnten.

→ **12**



KANN DIE SCHWEIZ «ERNEUERBAR»?

Unser Land hat viele erneuerbare Energieressourcen. WSL-Forscher*innen untersuchen, wie wir sie nutzen können.

→ **16**

PORTRÄTS

- 19** Kerstin Treydte, Jahrring-Forscherin
- 29** Eric Gehring, Biologe
- 34** Marco Hofmänner, Koch
- 35** IMPRESSUM, AUSBLICK
- 36** DAS DING: Skippy

Mit den Sustainable Development Goals strebt die Weltgemeinschaft eine im umfassenden Sinn nachhaltige Zukunft an. Auch die Schweiz, die Forschung und die WSL leisten massgebliche Beiträge hierzu.

17 Ziele für eine bessere Welt



ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG



Die Sustainable Development Goals im Überblick

Bild: www.un.org/sustainabledevelopment. Der Inhalt dieser Veröffentlichung wurde nicht von den Vereinten Nationen genehmigt und spiegelt nicht die Ansichten der Vereinten Nationen oder ihrer Beamten oder Mitgliedstaaten wider.

Die Welt soll bis 2030 ein besserer Ort werden – und dies nachhaltig, also nicht auf Kosten unserer Nachfahren. Das will die Weltgemeinschaft; und dazu hat sie die sogenannten «Sustainable Development Goals» (SDG) entwickelt, die Ziele für eine nachhaltige Entwicklung. Auch die Schweiz will diese 17 Ziele im Inland umsetzen und dabei helfen, dass sie weltweit erreicht werden.

Die SDG sind sehr breit gefasst. Sie reichen von «Keine Armut» über «Massnahmen zum Klimaschutz» bis zu «Partnerschaften zur Erreichung der Ziele». Ein verbindliches internationales Abkommen zu ihrer Umsetzung fehlt allerdings genauso wie ein Schweizer «SDG-Gesetz». Stattdessen ruft der Bund alle nichtstaatlichen und staatlichen Akteure auf, bei ihren Tätigkeiten auf die Ziele hinzuwirken. Natürlich gilt diese Aufforderung auch für die WSL. Laut Direktorin Beate Jessel berührt die WSL-Forschung bereits viele SDG: «Allein der Wald trägt beispielsweise zu den Zielen «Gesundheit und Wohlergehen», «Bezahlbare und saubere Energie» sowie «Massnahmen zum Klimaschutz» und «Leben an Land» bei. Wir erforschen, wie er das am besten macht.»

Dass Jessel den Wald als Beispiel wählt, ist kein Zufall: Der Begriff «Nachhaltigkeit» stammt aus der Forstwirtschaft. Einst bezeichnete er eine ausgewogene Bewirtschaftung, dank derer es dauerhaft genügend Brenn- und Bauholz geben sollte. Mittlerweile beschreibt er ein umfassendes und dynamisches Konzept einer wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen, zukunftsfähigen Entwicklung – nicht nur des Waldes.

Allerdings: Ein Wald sieht anders aus und wird anders gepflegt, wenn er möglichst viel Kohlenstoff

binden soll, als wenn er vorrangig darauf ausgerichtet ist, auch im Klima der Zukunft Holz zu liefern und Lebensraum für Pflanzen und Tiere zu bieten. All dies sind aber explizite Unterziele der SDG. Dieses Dilemma illustriert ein Problem der SDG: Die Ziele und Unterziele widersprechen sich teilweise. Hier sieht Jessel einen wichtigen Beitrag der WSL: Szenarien durchspielen. Also mit wissenschaftlich basierten Simulationen aufzeigen, welche Zukunft uns bei welchem politischen Entscheid erwartet. «Wir entwickeln so Handlungsoptionen und zeigen deren Konsequenzen auf. Die Politik kann dann sehenden Auges entscheiden.» Die WSL tue, was der Bundesrat von der Forschung erwarte, wenn er diese als «Treiberin» zur Erreichung der Sustainable Development Goals bezeichne.

Zudem lassen sich Zielkonflikte manchmal auch auflösen, wie die Multifunktionalität des Waldes zeigt (siehe Infografik auf Seite 5). Die WSL-Forschung hilft beispielsweise, Holznutzung und Naturschutz möglichst gut unter einen Hut zu bringen. Und dank sozialwissenschaftlicher Untersuchungen können Windräder so geplant werden, dass die Akzeptanz der Anlagen bei der Bevölkerung steigt.

Schon lange vor der Formulierung der SDG beschäftigte sich die WSL-Forschung also mit deren Themen. Zusätzlich liefern diese jetzt aber auch neue Impulse. Jessel erwähnt hier das Ziel «Nachhaltige Städte und Gemeinden», wozu auch deren Umland gehöre. Die wichtige Funktion stadtnaher Wälder für Gesundheit und Erholung sowie die Stadtökologie sind zwar schon länger Forschungsthemen der WSL. Gesundheitsaspekte sowie Stadtbäume und «Urban Forestry» im Speziellen seien aber ein zukunftsträchtiges Entwicklungsfeld der Waldforschung.

Wasser predigen, aber auch trinken

Nicht zuletzt ist die WSL als Umweltforschungs-Institution aufgefordert, ihre eigene Geschäftstätigkeit nachhaltig zu gestalten. Jessel sieht sie auf gutem Weg. So wird das Areal schon lange gemäss den Vorgaben der Stiftung «Natur und Wirtschaft» naturnah gepflegt. In Birmensdorf wird mit Holzschnitzeln, in Davos mit Erdwärme geheizt. Allerdings treten auch im Betrieb Zielkonflikte auf: So fordern und fördern die SDG etwa die weltweite Zusammenarbeit. Die zu internationalen Forschungsaktivitäten erforderlichen Reisen schaden aber dem Klima. «Natürlich müssen wir jedes Mal kritisch prüfen, ob eine Reise sinnvoll ist», sagt Jessel. «Aber manchmal ist sie es eben. Dann sollten wir sie auch machen und den CO₂-Ausstoss kompensieren.»

Die Umsetzung der 17 SDG ist also für die WSL, die Schweiz und die Welt alles andere als einfach. Damit unser Planet bis 2030 tatsächlich ein besserer Ort wird, sind die Beiträge der Forschung und auch der WSL unverzichtbar. *(bio)*

Von Erholung über Holz bis Klimaschutz

Die WSL untersucht, wie sich Wälder bewirtschaften lassen, dass dabei alle ihre Ökosystemleistungen berücksichtigt werden.

X = Nummer des Nachhaltigkeitsziels (SDG) der UNO (Details: siehe unten rechts).



Ein Drittel der Erde ist bewaldet

... und wird genutzt. Zum Beispiel heizen und kochen weltweit 2,4 Milliarden Menschen mit Holz, und 75 Prozent des zugänglichen Trinkwassers der Erde stammen aus bewaldeten Einzugsgebieten.



Der Wald und die SDGs

Die Leistungen des Waldes spielen in verschiedenste SDG – von der Ernährungssicherheit bis zum Schutz und der Bereitstellung von Lebensräumen zu Wasser und zu Land.

- 2 Kein Hunger
- 3 Gesundheit und Wohlergehen
- 6 Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen
- 7 Bezahlbare und saubere Energie
- 12 Nachhaltige/r Konsum und Produktion
- 13 Massnahmen zum Klimaschutz
- 14 Leben unter Wasser
- 15 Leben an Land

LANDSCHAFTSNUTZUNG Von Wildnis bis Wohnraum: Nachhaltig heisst verschiedene Ansprüche zusammenführen.

Die Landschaft ist für alle da. Damit das so bleibt, braucht es frische Ideen bei der Planung – zum Beispiel von jungen Menschen.



«Was uns wichtig ist und worauf wir verzichten können, müssen wir immer wieder neu aushandeln», sagt Silvia Tobias. Die Leiterin des Zentrums Landschaft der WSL spricht von der Raumplanung. Es braucht sorgfältige Abwägungen, damit die Landschaft alle ihre Leistungen erbringen kann: etwa, Platz für Wildnis und Erholung, aber auch für Mobilität, Industrie und Wohnraum zu bieten oder die Produktion von Nahrung oder Energie zu ermöglichen. Und dies nachhaltig – wie es auch die Sustainable Development Goals, die Ziele für eine nachhaltige Entwicklung, der UNO fordern.

Tobias, die unter anderem transdisziplinäre Verfahren in der Raumplanung anwendet, plädiert dafür, die junge Generation vermehrt anzusprechen. Dass sie vielfach andere Lösungen sieht als die ältere, hat jüngst eines ihrer Forschungsprojekte gezeigt. In Workshops erarbeiteten Tobias und ihr Team darin zusammen mit den Teilnehmenden Zukunftsvisionen von Landschaften im Luzerner Seetal. Solche stadtnahen ländlichen Regionen haben ein grundsätzliches Problem: Je mehr Menschen etwa dorthin ziehen, um im Grünen zu leben, desto mehr wird gebaut. Auch der Pendlerverkehr steigt und überlastet Strassen und Dorfkern. So schwindet ein wichtiger Teil dessen, was die Menschen dorthin gezogen hat: der Erholungswert der Landschaft. Doch was und wie ändern?

Die Jungen dachten hier freier als die Älteren. Sie platzierten etwa an geeigneten Standorten grosse Windfarmen oder sahen in den Dorfkernen mehr vertikale Verdichtung in Form begrünter Hochhäuser vor. Solche Ideen gelte es bei der Planung miteinzubeziehen, sagt Tobias: «Sie zeigen, in welche Richtung der Zeitgeist gehen könnte.»

Auch die bereits spürbaren und zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels sollten laut der Forscherin in Raumplanungsentscheiden berücksichtigt werden. Zurzeit entwickelt sie mit ihrem Team auf Basis von Klimaszenarien Vorher-Nachher-Bilder. Sie zeigen jeweils den Ist-Zustand von Landschaften und wie diese gegen Ende des 21. Jahrhunderts aussehen könnten. Seen etwa könnten drastisch schrumpfen oder heute fruchtbare Böden nicht mehr für den Weizenanbau taugen. «Ziel ist es, Fachleute und die Bevölkerung für die Problematik zu sensibilisieren», sagt Tobias.

Zukunftsvision «Biocity»

Auch Städte sind Teil der Landschaft und können verschiedenste Funktionen vereinen. Konzepte für «Biocities» hat die WSL-Umweltpsychologin Nicole Bauer kürzlich im Rahmen eines internationalen Projekts an Workshops mit europäischen Fachleuten erarbeitet. «Es geht darum, die Stadt besser mit der Natur in Einklang zu bringen und sie dazu ganz neu zu denken», sagt Bauer.

Mehr zum Zentrum
Landschaft der WSL:
wsl.ch/zentrum-landschaft



Jugendliche waren in einem WSL-Forschungsprojekt Windfarmen gegenüber sehr aufgeschlossen.

Ausgehend von der Literatur zu zukünftigen Entwicklungen urbaner Zentren entwickelten die Forschenden in Workshops zehn Ausprägungen der Vision Biocity.

Eine davon ist die Biocity als Wald. Sie geht von der Idee aus, dass Wald und Stadt nicht getrennt sind, sondern die Stadt in den Wald integriert ist. «Ziel einer solchen Biocity ist, dass sie kein CO₂ ausstösst, sondern es absorbiert und speichert», erklärt Bauer. Vorstellbar wären etwa vernetzte Alleen, die die Luft reinigen, kühlen und Schatten spenden – wichtige Funktionen in Hinblick auf die Klimaerwärmung.

«Offen ist, ob jede Stadt zu einer Biocity werden könne, ungeachtet ihrer Ausgangslage.» Denn Städte stehen international vor unterschiedlichen Herausforderungen. Länder in Südosteuropa etwa haben grosse Probleme mit Luftverschmutzung, während in Grossbritannien die zunehmende Armut ein Problem ist und bei uns der Verkehr: Idealerweise, sagt Bauer, lassen sich Forschung und Politik künftig von den Visionen inspirieren und greifen auf, was Natur in die Stadt bringt und die CO₂-Emissionen senkt.

«Unsere heutige Planung gestaltet den Lebensraum künftiger Generationen», sagt Silvia Tobias. «Und wir hätten die Möglichkeit, die Landschaft nachhaltiger zu nutzen. Doch das heisst, nicht alles überall bauen, sondern auch mal zugunsten der Natur auf einen Ausbau von Infrastruktur verzichten, zurückbauen und dafür anderswo verdichten.» *(sru)*

Mehr zum Projekt
"Recipes for
Biocities": [wsl.ch/
biocities](http://wsl.ch/biocities)



Im Zuge des Klimawandels dürften Schlamm- und Gerölllawinen, die Murgänge, weltweit eine zunehmende Gefahr darstellen: Man erwartet etwa, dass sie mehr Schaden anrichten. Die Sustainable Development Goals der UNO fordern, gegen solche Folgen des Klimawandels vorzugehen. Dazu muss man sie aber noch besser verstehen. Die Forschung der WSL liefert hierfür wertvolle Informationen.



Die Messdaten etwa zu Geschwindigkeit, Kraft oder Zusammensetzung der Murgänge erlauben, diese besser zu verstehen und ihr Fliessverhalten zu beschreiben. Das wiederum hilft, effektive Warnsysteme und optimierte Schutzverbauungen beispielsweise für Siedlungen zu entwickeln.

Aufgrund der speziellen geologischen Situation kommt es im Illgraben ungewöhnlich häufig zu Murgängen. Deshalb betreibt die WSL hier seit über zwanzig Jahren eine Beobachtungsstation mit diversen Messgeräten. Zum Beispiel vermessen mehrere Laserscanner (LiDAR) die Murgänge dreidimensional.



INTERVIEW «Wirtschaften innerhalb der planetaren Grenzen». Die natürlichen Ressourcen der Erde gehen zur Neige, die Klimakrise verändert den Planeten und unser Leben. Ein Grund dafür sei das Wirtschaftswachstum, sagt die Ökonomin Irmi Seidl.



Irmi Seidl ist Ökonomin und leitet an der WSL die Forschungseinheit Wirtschaft- und Sozialwissenschaften. Sie forscht hier unter anderem zu ökonomischen Instrumenten und Massnahmen mit ökologisch relevanten Wirkungen.

Irmi Seidl, Sie sind Wachstumskritikerin. Warum?

Weil das Wirtschaftswachstum ein wichtiger Grund für die heutigen ökologischen Krisen ist. Mit dem Wachstum nehmen auch der Energie- und Ressourcenverbrauch sowie die Umweltbelastung zu. Ständiges Wachstum setzte mit den 1950er-Jahren ein, inzwischen sprengt es die Grenzen unseres Planeten: Wir verbrauchen mehr Ressourcen, als wiederhergestellt werden können.

Mit den Sustainable Development Goals (SDG) will die UNO die Zukunft nachhaltig gestalten. Was halten Sie davon?

Diese global getragenen Ziele sind begrüßenswert und können helfen, die Umweltkrisen zu entschärfen. Doch es gibt Zielkonflikte: So strebt das SDG 8 ein «dauerhaftes und nachhaltiges Wirtschaftswachstum» an. Wachstum allerdings erhöht den Umwelt- und Ressourcenverbrauch, es kann gar nicht nachhaltig sein. SDG 7 will den «Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle» sichern. Das suggeriert, unser westlicher Energieverbrauch sei auch in globalem Ausmass möglich. Dabei müsste er sin-

ken, um globalen Umweltverträgen wie dem Übereinkommen von Paris zu entsprechen und die planetaren Grenzen zu respektieren, sich also im Rahmen der verfügbaren Ressourcen bewegen. Eine Voraussetzung dafür ist, die Abhängigkeit vom Wirtschaftswachstum zu beenden.

Kann unsere Wirtschaft, können Unternehmen ohne Wachstum funktionieren?

Viele kleine und mittlere Unternehmen kommen gut ohne Wachstum klar. Eine unserer Doktorierenden hat KMUs aus der Baubranche untersucht – Schreinereien, Elektriker-, Malerbetriebe. Die Ergebnisse zeigen: Viele von ihnen wollen gar nicht wachsen. Andere Unternehmen streben keinen Profit an und müssen darum nicht wachsen. Man denke an die Schweizer Wasserversorgung oder Genossenschaften.

Braucht es mehr staatliche Eingriffe?

Nicht unbedingt. Vor allem braucht es die richtigen. In den letzten Jahrzehnten gab es viele Eingriffe, um das Wachstum zu fördern. Dazu gehören auch Subventionen. Wir haben vor zwei Jahren in einer Studie über 160 Subventionen und

«Umweltressourcen brauchen einen Preis, der ihre ökologischen Kosten abbildet.»

finanzielle Fehlanreize identifiziert, die der Biodiversität schaden. Die Biodiversitätskrise könnte entschärft werden, würden Subventionen nur dann gewährt, wenn sie die Biodiversität nicht beeinträchtigen oder wenn zumindest ernsthaft versucht würde, Zielkonflikte zu entschärfen. Auch das Steuersystem fördert Wirtschaftswachstum, etwa über Steuerrabatte oder Abzüge für Schuldzinsen. Aber am drängendsten ist: Umweltressourcen wie fossile Energiequellen brauchen einen Preis, der ihre ökologischen Kosten spiegelt – etwa die Klimawirkungen. Schon seit den 1980er-Jahren arbeiten Ökonomen und Ökonomeninnen an Konzepten für eine ökologische Finanzreform, die externe Umweltkosten im Preis abbilden würde.

Würde das nicht vieles teurer machen?

Manches würde teurer. Denn bisher wurde vieles billiger – zulasten der Umwelt. Teilweise profitieren davon nur wenige. Zum Beispiel reisen lediglich 20 Prozent der Fluggäste aus der Schweiz auf einen anderen Kontinent. Vor allem sie – oft Vielflieger und Vielfliegerinnen – profitieren von unbesteuerten Flugtreibstoffen. Würde die Klimawirkung des CO₂-Ausstosses mit einberechnet, verteuerte sich ein Flug nach Bangkok um 900 Franken, einer nach London um 100 Franken. Doch anderes könnte auch billiger werden: Würden Umweltressourcen stärker, aber Einkommen schwächer besteuert werden, so bliebe mehr in der Lohntüte und etwa die Leistungen eines Velo-mechs oder einer Pflegekraft würden billiger werden.



Ein Teil der KMUs aus der Baubranche will laut einer WSL-Untersuchung gar nicht wachsen.

Was gibt es sonst noch für Ansätze?

Es gibt auch Anreize, die uns helfen zu sparen. So hat Frankreich beispielsweise verlängerte Produktgarantien eingeführt und fördert damit Reparatur statt Umtausch. Und Österreich bezahlt jenen, die Elektrogeräte reparieren lassen, einen Anteil an die Reparaturkosten. Auch solche Massnahmen tragen dazu bei, Nachhaltigkeit voran zu bringen.

Das wäre dann auch im Sinne der SDG, oder?

Natürlich. Die Vielfalt der SDG bildet ab, in wie vielen Bereichen Veränderungen von Konsum und Produktion nötig sind, um innerhalb der planetaren Grenzen zu leben, arbeiten und wirtschaften. (sru)

Quo vadis, Flora? Der Klimawandel verändert die Lebensräume, und die Pflanzenwelt wird darauf reagieren. Aber wie? Mithilfe von Computermodellen versuchen WSL-Forschende, das herauszufinden.



Werden unsere Kindeskiner im Schweizer Winter unter immergrünen Steineichen oder Olivenbäumen spazieren gehen? Das klingt bizarr. Doch die Durchschnittstemperaturen steigen, Sommer werden heisser, Winter feuchter, Trockenperioden länger und Starkniederschläge häufiger. Und mit dem Klimawandel ändern sich die Lebensräume. Das eröffnet manchen Pflanzen Ausbreitungsmöglichkeiten und bringt andere in Bedrängnis.

WSL-Forschende arbeiten daran, diese Prozesse zu verstehen und die künftige Reaktion der Pflanzen abzuschätzen. Mit Computerprogrammen modellieren sie, wo etwa Alpenpflanzen in Zukunft wachsen könnten oder wie gut Bäume genetisch an die erwarteten Klimabedingungen angepasst sein werden. Solche Zukunftsprojektionen ermöglichen, den Wald auf das künftige Klima vorzubereiten oder gefährdete Pflanzen zu schützen. Das entspricht den Sustainable Development Goals (SDG) der UNO, die neben dem Schutz der Landökosysteme und der Biodiversität vorsehen, dass «umgehend Massnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen» zu ergreifen sind.

Was also wächst in Zukunft wo? Um diese Frage zu beantworten, braucht es verlässliche Klimamodelle. «Wenn man für eine Region weiss, welche Klimabedingungen in hundert Jahren erwartet werden, sucht man Orte, wo dieses Klima jetzt schon herrscht», beschreibt WSL-Forscher Niklaus Zimmermann eine einfache, vergleichende Methode. «Dorthin kann man dann gehen und die Pflanzengemeinschaften analysieren, die an diesen Standorten wachsen.»

Umgesetzt wurde dies vor einigen Jahren im Programm «Wald und Klimawandel» des Bundesamtes für Umwelt und der WSL. Die Forschenden um den im Juli 2022 verstorbenen WSL-Waldforscher Peter Brang identifizierten darin Regionen auf dem europäischen Festland, deren Klima heute etwa jenem von Genf, Basel oder Chiasso in hundert Jahren entspricht. Bei einer Erwärmung von 6 Grad – dem extremsten der untersuchten Klimaszenarien – lagen analoge Regionen für Genf in der Maremma und Mittelitalien, für Basel in Südfrankreich und der östlichen Po-Ebene und für Chiasso entlang der Adriaküste und in der Toskana. Dort sind Wälder oft immergrün.

Langsame Wanderer

Das heisst aber nicht, dass im Mittelland der Zukunft ein mediterraner Wald wachsen wird. Dem stehen nicht nur Hindernisse wie die Alpen im Weg. Bäume «wandern» auch sehr langsam: Einen Kilometer im Jahr schaffen ohne menschliches Zutun nur die allerschnellsten Arten, etwa Pappeln oder Birken, die rasch wachsen und deren Samen der Wind verbreitet. «Das Modell gibt aber beispielsweise Forstleuten Hinweise darauf, welche Baumarten sie für den Wald der Zukunft ausprobieren könnten», sagt Zimmermann.

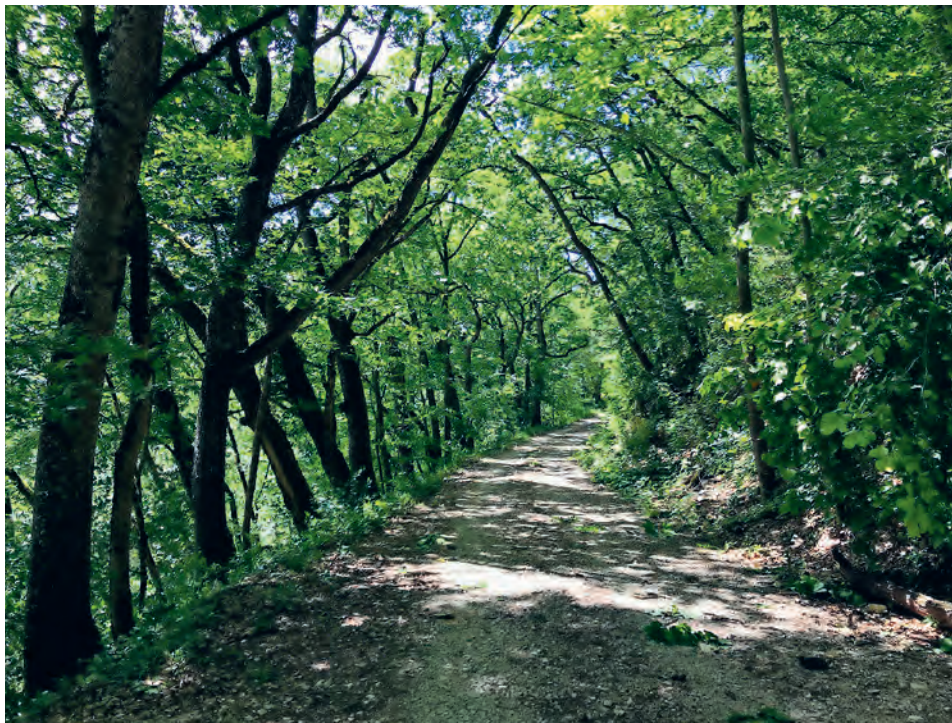
Er untersucht die Frage, wo Arten in Zukunft Lebensräume finden, mit sogenannten Habitatmodellen. «Einfach gesagt untersucht man dabei, unter welchen Klimabedingungen eine Art heute gedeiht», erklärt der Forscher. «Und dann berechnet man, wo dieselben Bedingungen in Zukunft herrschen werden.» Dynamische Modelle, die deutlich komplexer sind, zeigen zudem auf, entlang welcher Wege sich Verbreitungsgebiete verschieben könnten und identifizieren mögliche Hindernisse.

Allerdings: Wenn ein einfaches, auf statistischen Methoden beruhendes Modell zeigt, dass die Buche in hundert Jahren im Mittelland kein geeignetes Klima mehr vorfindet, heisst das nicht, dass sie dann überall dort verschwunden sein wird. Denn wenn es nicht zu dramatischen Extremereignissen kommt – etwa mehreren langen Dürreperioden hintereinander –, können Pflanzen teils Jahrhunderte in Lebensräumen überdauern, die eigentlich nicht mehr für sie geeignet sind. «Das nennt man Aussterbeschuld», sagt Zimmermann.

In einer Studie der WSL und der Universität Wien zeigte sich, dass sechzig Prozent von über hundert untersuchten Alpenpflanzen mit einer solchen Aussterbeschuld leben. Diese Arten wuchsen am unteren Rand ihrer tatsächlichen Areale in Habitaten, wo sie laut der angewandten Modelle nicht mehr vorkommen sollten. «Solche Modellierungen sagen also keine Tatsachen voraus. Sie zeigen lediglich das Potenzial an», erklärt Zimmermann.

Genetisch für die Zukunft gerüstet?

Möglicherweise überschätzen diese Modellansätze die Aussterbeschuld unter dem Klimawandel. Sie gehen beispielsweise oft von nur einem einzigen optimalen Lebensraum für die ganze Art aus. In der Realität können aber verschiedene Populationen einer Art durchaus unterschiedlich tolerant in Bezug auf die



Die wärmeliebenden und meist trockenheitsresistenten Eichen gelten gemäss Habitatmodellen als mögliche Gewinner des Klimawandels. Populationen können sich allerdings genetisch unterscheiden und damit unterschiedlich an zukünftige Bedingungen angepasst sein.

lokalen Standortbedingungen sein, etwa, was ihren minimalen Wasserbedarf angeht. Zudem ignorieren diese Modelle, dass sich Arten – bei ausreichend Zeit und genügend grosser genetischer Vielfalt – über Generationen hinweg an veränderte Bedingungen anpassen können.

Dies versuchen Forschende mit neuen Methoden aufzugreifen: Sie modellieren die ideale zukünftige Zusammensetzung von Populationen auf Basis genetischer Daten und Klimaprognosen. «Man bestimmt dafür zuerst die heutige genetische Zusammensetzung von Populationen anhand charakterisierbarer Stellen im Erbgut», erklärt der WSL-Forscher Christian Rellstab. Der Genetiker hat 2016 als einer der ersten eine solche Methode an Eichen beschrieben.

Aus den untersuchten Erbgutstellen bestimmen die Forschenden dann jene, deren Variation mit jener von Klimafaktoren in Zusammenhang steht – also Stellen, die sich beispielsweise bei Populationen unterscheiden, die an kühlen oder warmen Standorten wachsen. Dazu brauchen sie genetische Daten von Pflanzen aus geografischen Regionen oder Zeiten mit unterschiedlichem Klima – etwa von verschiedenen alten Bäumen, die jeweils unter verschiedenen Klimabedingungen gekeimt und aufgewachsen sind. Auf letzteres stützten sich Forschende in einer kürzlich publizierten WSL-Studie an Arven. Darin standen gut hundert Stellen im Erbgut der Bäume in Beziehung zur Standorttemperatur, wie das Team um Benjamin Dauphin, Christian Rellstab und Felix Gugerli herausfand. Beim Niederschlag waren es gar mehrere hundert Erbgutstellen.

Auf Basis solcher Daten berechnet das Modell dann, welche genetische Zusammensetzung zu einem zukünftigen Klima passen würde. Je weiter der genetische Ist-Zustand einer Population vom in der Klimazukunft optimalen Zustand entfernt ist, desto grösser ist deren Risiko, dereinst nicht angepasst zu sein. Solche Informationen können helfen, die Biodiversität zu schützen: «Wenn man eine Art retten will, könnte man zum Beispiel jene bereits vorhandenen Populationen bevorzugt schützen, die das kleinste Risiko aufweisen, schlecht angepasst zu sein, und damit die grössten Überlebenschancen haben», sagt Rellstab.

Auch der Fortwirtschaft dienen die Resultate: So hatte in der 2016 publizierten Eichen-Studie Rellstabs die Stieleiche das grösste Risiko, schlecht angepasst zu sein, wenn es trockener wird, und das geringste, wenn es wärmer wird. Das spiegelt wider, dass die Art bei uns bereits heute an warmen und feuchten Standorten wächst. Das Ausmass des Risikos variierte aber von Population zu Population. Forstleute können mit diesen Informationen etwa für die Saatgutgewinnung Populationen auswählen, die in einem zukünftigen Klima besonders robust scheinen.

Wertvolle Informationen

Wie die Habitat- decken auch die genetischen Modelle nicht alle relevanten Faktoren ab. Sie beschränken sich beispielsweise auf die heutige genetische Variation. Doch Populationen können – etwa durch den Genaustausch mit anderen oder sogar Kreuzungen mit nahe verwandten Arten – neue, möglicherweise günstige Genvarianten hinzugewinnen.

Die Kombination dieser Modellansätze liefert wertvolle Daten, die helfen, auf den Klimawandel zu reagieren und die Ökosystemdienstleistungen von Wäldern (siehe Grafik Seite 5) oder die Biodiversität zu schützen – wie es die



Der Bach-Steinbrech (*Saxifraga aizoides*) gehört zu den Alpenpflanzen, die vor der Klimaerwärmung in die Höhe ausweichen müssen.

SDG verlangen. Auf Experimente im Labor und Versuchsgarten oder Testpflanzungen können die Forschenden trotzdem nicht verzichten. Solche Versuche sind zwar oft aufwendig und teuer, aber sie liefern wichtige Vergleichsdaten und «Reality Checks» für die Computermodelle. *(kus)*

ENERGIE **Kann die Schweiz «erneuerbar»? Unser Land hat reichlich erneuerbare Energieressourcen: Sonne in den Alpen, Wind im Jura, Biomasse im Wald und auf den Bauernhöfen. WSL-Forschende untersuchen, wie man sie nutzen kann – und will.**



Fotovoltaikanlagen in den Bergen könnten die Stromversorgung im Winter markant aufbessern.

11. März 2011: Die Reaktorkatastrophe in Fukushima in Japan verseucht über weite Gebiete Luft, Boden und Wasser und belastet Menschen mit radioaktiver Strahlung. Ein Schock, nach dem der Bundesrat den schrittweisen Atomausstieg beschliesst. 2017 nahm das Stimmvolk die Energiestrategie 2050 mit

ihren drei Pfeilern an: Keine neuen Kernkraftwerke, erneuerbare Energien ausbauen und den Verbrauch durch verbesserte Energieeffizienz senken.

Bisher konsumieren wir laut dem Bundesamt für Energie pro Jahr rund 220 Terawattstunden (TWh) Energie. Davon stammen knapp die Hälfte von Erdölprodukten und etwa ein Viertel sind Elektrizität, vor allem aus Kern- und Wasserkraft. Den Rest stellen Gas, Kohle und Abwärme. Wie lässt sich diese Menge bezahlbar und sauber erzeugen, wie es den Sustainable Development Goals (SDG) der UNO entspricht? Um das herauszufinden, investierte der Bund 250 Millionen Franken in das Förderprogramm Energie. Zwischen 2014 und 2021 erkundeten 1300 Forschende und weitere Fachleute technische, gesellschaftliche und politische Lösungen für die Energiewende.

Die Ressourcen sind vorhanden

Auch die WSL beteiligte sich. Sie sammelt seit vielen Jahren Daten zur Entwicklung von Wäldern, Gletschern, Schnee und vielem mehr. Mit diesen entwickelt sie Simulationsmodelle und kann so die Verfügbarkeit jener natürlichen Ressourcen abschätzen, die erneuerbare Energie liefern: Biomasse, Wasser, Wind und Sonne.

Was die Forschenden dabei fanden: Ein ziemlich grosser Energieschatz steckt in Biomasse, also organischen Substanzen wie Holz, Schnittgut, Mist und Gülle. «Biomasse ist ein wertvoller Ersatz für fossile Brenn- und Treibstoffe. Sie ist ohnehin vorhanden und lässt sich auf effiziente Weise in Energie umwandeln», sagt der Forstwissenschaftler und Ökonom Oliver Thees von der WSL. Sein Team erkundete im Rahmen des Förderprogramms das Energiepotenzial von verholzten und nicht verholzten Biomassen. Das Ergebnis: Deren Beitrag könnte pro Jahr beachtliche 27 TWh Energie betragen.

Holz in Form von Wald-, Industrierest-, Flur- und Altholz wird schon jetzt intensiv verwendet, vor allem zum Heizen. Eine Steigerung um rund ein Drittel läge allerdings noch drin, ergab Thees' Untersuchung, auf insgesamt 13,9 TWh pro Jahr bei nachhaltiger Nutzung.

Ein grosses Energiepotenzial, nämlich rund 6,6 TWh, lagert derzeit weitgehend ungenutzt auf Misthaufen und in Güllelöchern. Das zeigt eine WSL-Studie zur Biogasherstellung aus Mist und Gülle. Quasi als Bonus sänke auch der Treibhausgasausstoss, wenn weniger dieses Hofdüngers auf Felder und Wiesen gelangte, und die Überdüngung nähme ab.

Mehr zu «Schweiz
erneuerbar!»
wsl.ch/schweiz-erneuerbar

Die Winterstromlücke füllen

Einen Löwenanteil des Stromes in der Schweiz wird auch in Zukunft die Wasserkraft liefern. Doch sie hat ein Winterproblem: Ist Wasser als Schnee und Eis gebunden, sinken die Pegelstände der Stauseen und damit auch die Stromproduktion. Zwar sagen Klimamodelle voraus, dass künftig weniger Regen im Sommer fallen wird, dafür mehr im Winter. «In diesem Fall hilft der Klimawandel der Energiewende», sagt Michael Lehning, Leiter der Gruppe Schnee- und Lawinenforschung SLF.

Die sogenannte Winterlücke wird das aber längst nicht stopfen. Die Schweiz verlässt sich im Winter auf Stromimporte – doch was, wenn die Nachbarländer nicht mehr liefern können oder wollen und dereinst die Atomkraft wegfällt? Es bräuchte riesige Speicher für den im Sommer erzeugten Strom, zum

Beispiel neue und höhere Staumauern und zusätzliche Pumpspeicherkraftwerke. Doch das ist ökologisch höchst fragwürdig.

Eine Simulationsstudie des SLF und der ETH Lausanne hat ausgelotet, wie sich die Winterlücke mit inländischen, erneuerbaren Energien füllen liesse. Das Ergebnis: Baute man Wind- und Sonnenenergie deutlich aus, könnten sie zusammen mit der heutigen Wasserkraftproduktion die winterlichen Importe, die es ohne Kernkraft zusätzlich bräuchte, um 80 Prozent reduzieren.

Vielpersprechend ist die Sonnenkraft in den Bergen: Solaranlagen auf Staumauern oder Lawinenverbauungen arbeiteten vor allem im Winter viel effizienter als jene im nebligen Tiefland, sagt Annelen Kahl. Sie ist Solarforscherin am SLF und Ko-Geschäftsführerin der Solar-Firma SUNWELL. Denn in den Bergen gibt es mehr Sonnentage, der Schnee reflektiert viel Sonnenlicht, und man kann die Solarpanels anders als auf Dächern optimal auf die Wintersonne ausrichten. Gemäss der Simulation wäre ein Ausbau der Sonnenenergie von grob etwa 100 km² neuer Solarpanels realistisch, die Hälfte davon in den Alpen. Den Rest der Winterlücke müssten rund tausend neue Windturbinen stopfen.

Zusammen würden diese Anlagen rund 25 TWh Strom produzieren, im Vergleich zu heute 3 TWh Solar- und 0,15 TWh Windstrom. «Zwar benötigte man dann immer noch zusätzlichen Speicher für Sommerstrom, aber viel weniger», sagt Lehning. «So wäre die Energiewende in der Schweiz aus technischer Sicht gut machbar.»

Stolperstein Windkraft

Ein Haken daran sind administrative Hürden wie Baubewilligungen. Das noch grössere Problem ist die gesellschaftliche Akzeptanz. In unberührten Gegenden, wo das Windpotenzial gross ist, will die Bevölkerung keine Energieanlagen haben. Das zeigte das WSL-Projekt Energyscape auf. Diverse Windparkprojekte sind auch in bewohnten Regionen durch Einsprachen blockiert. «Es mangelt nicht an Technologie, sondern an Kommunikation und Akzeptanz», sagt der Sozialwissenschaftler und Projektmitarbeiter Boris Salak. Frühere Untersuchungen zeigen, dass die Bevölkerung Energieanlagen positiver beurteilt, wenn sie schon früh in den Planungsprozess einbezogen wird.

Was die Mitsprache betrifft, könnten Energiegenossenschaften ein Vorbild sein. Rund dreihundert davon gibt es in der Schweiz. Sie betreiben vor allem im ländlichen Raum meist kleine, gemeinschaftlich finanzierte Fotovoltaik- oder Holzschnitzel-Anlagen. Eine WSL-Umfrage von 2016 kam zum Schluss, dass ihre Stärken die lokale Verwurzelung, breite finanzielle Beteiligung und enge Kooperation mit den Gemeinden sind. Um diese Organisationsform zu fördern, wäre aber eine kostendeckende Abnahmegarantie der produzierten Energie über die Lebensdauer der Anlagen nötig.

Nach Ansicht von Salak hat die Energiewende nur eine Chance, wenn die Energieproduzenten und Behörden gesellschaftspolitische Aspekte berücksichtigen – seien es soziale Werte wie die Einstellungen der Leute zu «ihrer» Landschaft oder ökologische Kosten wie einen möglichen Biodiversitätsverlust. «Eine Standortwahl für Energieanlagen, die nur auf technisch-ökonomischen Grundlagen basiert, ist nicht nachhaltig.»

(bki)



Kerstin Treydte, Birmensdorf
«Die Musik ist ein grossartiger
Ausgleich zur Forschung.
Sie stimuliert andere Seiten
meiner Persönlichkeit.
Regelmässige Meisterkurse
für Flöte und Alte Musik
in Arosa und Kammermusik-
kurse wie hier auf der Insel
Rheinau sind jeweils ein
Highlight meines Jahres.»

JAHRRINGE ALS KLIMAARCHIV

Kerstin Treydte ist Jahrringforscherin. Sie analysiert stabile Isotope im Holz, um das vergangene Klima zu verstehen oder herauszufinden, wie sich der aktuelle Klimawandel auf das Wachstum der Bäume auswirkt. Solche Daten helfen, Klimamodelle und Voraussagen über die Zukunft der

Wälder zu verfeinern. Gemeinsam mit einem internationalen Team rekonstruiert sie gerade die Luftfeuchtigkeit der letzten 400 Jahre im europäischen Flachland. «Der Austausch und die Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen macht mir grosse Freude.» (kus)



Sturmschäden können teils langfristige Auswirkungen auf den Boden haben.

Dass Stürme im Wald oberirdisch Schäden anrichten, ist oft lange zu sehen: abgebrochene Äste, geknickte Stämme, entwurzelte Bäume. WSL-Bodenwissenschaftler Mathias Mayer erforscht, wie solche Sturmschäden die Kohlenstoffspeicherung und die Biodiversität im Boden verändern.

Ersteres untersuchte Mayer und ein Team der WSL an Bodenproben von 19 Wald-Standorten in der Schweiz, die entweder zwanzig Jahre zuvor von Vivian oder zehn Jahre vorher von Lothar verwüstet worden waren. Die Flächen liegen zwischen 420 und 1550 Meter hoch. Als Vergleich nahmen die Forschenden jeweils Bodenproben in benachbarten Wäldern, in denen es zu keinen Sturmschäden gekommen war.

Die Proben analysierten sie auf deren Vorrat an organischem Kohlenstoff. Zunächst zeigte sich, dass die Humusaufgabe - das ist die oberste, rein organische Bodenschicht - in den Bergen generell mehr Kohlenstoff speichert als im Mittelland. Das liegt an den Temperaturen: In Bergregionen, wo es kälter ist und die Wärmeperioden kürzer sind, laufen Zersetzungsprozesse langsamer ab. Das führt zu mächtigen Humusaufgaben. In wärmeren Böden dagegen wird die über das Jahr hinweg neu eingetragene Laub- und Nadelstreu jeweils gleich wieder fast vollständig von Bodenlebewesen abgebaut.

Empfindliche Bergwälder

Mächtige Humusaufgaben sind aber besonders sensibel gegenüber Sturm-

schäden, wie die Untersuchung zeigte: Böden in Bergregionen enthielten zum Zeitpunkt der Probenentnahme noch immer bis zu neunzig Prozent weniger Kohlenstoff in der Humusaufgabe als vor den Stürmen. Der Grund: Ohne Bäume, die jedes Jahr Laub oder Nadeln abwerfen, bekommt die Humusaufgabe kaum Nachschub an organischem Material. Weil gleichzeitig weniger Bäume den Boden beschatten und ihm Wasser entziehen, wird dieser wärmer und feuchter. Das beschleunigt den Abbau der existierenden Humusaufgabe.

Dieser Vorgang findet zwar auch in tieferen Lagen statt. «Dort erholen sich der Boden bzw. die Humusschicht aber rascher. Die nächste Baumgeneration wächst schneller als in den Bergen. Damit verbundene Streueinträge bauen den unterirdischen Kohlenstoffvorrat wieder rascher auf», sagt Mayer. Tatsächlich fanden die Forschenden in tiefer gelegenen Waldböden bereits nach zehn Jahren so gut wie keine Sturmfolgen mehr.

In einem zweiten Schritt modellierte das Team die möglichen Verluste an Bodenkohlenstoff durch Sturmschäden für den gesamten Schweizer Wald. Sie benutzten dafür die WSL-Bodendatenbank, die Daten von über 1200 Schweizer Waldstandorten enthält. Das Fazit: Viele Schweizer Bergwälder würden nach Sturmschäden grosse Mengen an Kohlenstoff aus der Humusaufgabe verlieren. Die Verluste nach Windwurf entsprechen in etwa der Menge an Kohlenstoff, die der Wald auf einer gleichen Fläche in vierzig Jahren in der Biomasse einbaut. «Wenn so die Kohlenstoffspeicherung mehrerer Jahrzehnte aufgehoben würde, wirkt sich das negativ aufs Klima aus», sagt Mayer.

Sturmschäden beeinflussen die Bodenpilze

Änderungen im Kohlenstoffvorrat von Bergwäldern sind nicht die einzige Sturmfolge, die Mayer in Waldböden fand. Zusammen mit Forschenden der Universität für Bodenkultur Wien konnte er zeigen, dass Sturmschäden auch Bodenpilze stark beeinflussen. «Besonders Mykorrhizapilzen, die in Symbiose mit Bäumen leben, schadet der Verlust



Die Forschenden verglichen Böden von Sturmflächen und ungestörten Waldteilen.

der Baumschicht», sagt Mayer. Werden überlebende Bäume und Sturmholz jedoch nicht geerntet, können die negativen Auswirkungen auf diese Pilzgruppe aber abgepuffert werden. Allerdings empfehle es sich aus Sicht der Waldbewirtschaftung häufig, Sturmholz wegzuräumen, um einem Schädlingsbefall vorzubeugen, erklärt der Forscher. (sru)

WALD Sturmschäden stellen die Forstwirtschaft vor Herausforderungen

Ein heftiger Sturm kann einen Wald verwüsten – mit verheerenden Folgen für die Forstwirtschaft und die Ökosystemleistungen, die der Wald erbringt (siehe Infografik S. 5). Bei grossflächigen Ereignissen lässt das Überangebot an Holz die Preise auf



Nasslager erlauben Waldbesitzern, die Qualität des Holzes über längere Lagerzeiten zu erhalten.

dem internationalen Markt zusammenbrechen, Sägewerke kommen mit ihrer Arbeit nicht mehr hinterher. Was unternehmen Waldbesitzende und wie reagieren Sägewerke in so einem Fall?

Um diese Frage zu beantworten, hat ein Forschungsteam um Forstwissenschaftlerin Janine Schweizer sieben grosse Sturmereignisse untersucht, darunter Lothar im Jahr 1999, und gängige Vorgehensweisen der Forstwirtschaft in der Schweiz und im europäischen Ausland zusammengestellt. Zudem befragten die Forschenden Sägewerke, wie diese

mit schwankenden Holzmenzen nach Extremereignissen umgehen.

Oberste Priorität hat laut Schweizer die Sicherheit der Menschen im Wald, denn lose Äste und geschädigte Bäume gefährden Forstleute und Erholungssuchende. Erst wenn die Sicherheit wieder gewährleistet ist, entscheiden Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer individuell, inwieweit weiter aufgeräumt und das Holz verkauft wird. Was sie unternehmen, hängt davon ab, welchen Mix an Ökosystemleistungen der Wald erbringen soll: den nachhaltigen Rohstoff Holz, Erholung, Lebensraum für Tiere und Pflanzen und/oder Schutz vor Naturgefahren bieten.

Kann der Holzverkauf hinausgezögert werden, überbrückt dies Zeiten niedriger Preise und entlastet Sägewerke. Bei der Lagerung verliert das Holz jedoch an Qualität. «Nasslager bieten hier eine überraschend einfache Lösung, die noch zu selten umgesetzt wird», sagt Schweizer. Durch das Besprenkeln der Baumstämme bleibt deren Qualität erhalten.

Im Rahmen mehrerer interdisziplinärer Projekte evaluiert Schweizer die Gefährdung von Wäldern durch Stürme. Ziel ist es, dass sich Forstbetriebe vorbereiten und ihre Bewirtschaftungsstrategien anpassen, etwa indem sie in gefährdeten Baumbeständen robustere Arten pflanzen. Dies wird immer relevanter, denn Stürme werden mit dem Klimawandel in Zukunft häufiger und intensiver. (mlg)

wsl.ch/ONEforest

LANDSCHAFT Historische Parks sind mehr als grüne Lungen

Was haben der Rieterpark in Zürich und der Eram-Garten in Shiraz, Iran, gemeinsam? Beide waren einst Privatgärten herrschaftlicher Häuser und sind heute wichtige Bestandteile der «grünen Infrastruktur». Solche Parks mit historischer Gartenarchitektur dienen nicht nur der Erholung, sondern fördern auch die Verbundenheit mit einem Ort, die sogenannte Ortsbindung – gerade bei Zugewanderten. Das haben WSL-Doktorandin Mahsa Bazrafshan und ihr Betreuer Felix Kienast entdeckt.

Die Forschenden zeigten Personen aus der Schweiz und dem Iran im audio-visuellen Labor Ansichten beider Parks. Dabei massen sie die elektrische Leitfähigkeit der Haut, die Hinweise auf die An- oder Entspannung gibt. Fragen zu Eindrücken und Meinungen zu den Parks erlaubten Rückschlüsse auf die Ortsbindung. «Je stärker sie war, desto entspannender wirkten die Bilder des entsprechenden Parks», sagt Bazrafshan. Und: Im Park der eigenen Kultur war

die Entspannung besonders gross, wie die Messungen zeigten.

Mit dem Experiment lässt sich auch studieren, wann Ortsbindung bei Migration entsteht: Der «fremde» Rieterpark wirkte auf die Personen aus dem Iran, die alle bereits einige Jahre in der Schweiz leben, messbar stärker entspannend als der Eram-Garten auf die Schweizer Versuchspersonen, die nie dort waren.

In einer anderen Studie Bazrafshans im Iran hatten Personen aus Afghanistan in der historischen Bausubstanz Persischer Gärten Elemente und Funktionen entdeckt, die sie mit Kindheitserinnerungen verknüpfen konnten. «Solche Verknüpfungen ergeben sich vermutlich in historischen Parks besonders viele», sagt Kienast. «Sie sollten daher nicht nur aus kulturgeschichtlichen, sondern auch aus Gründen der Integration gepflegt werden.» *(kus)*



Der Eram-Garten im Iran entspringt der jahrtausendealten Tradition des Persischen Gartens.

Machen digitale Pläne die Raumplanung demokratischer?

Fast jede Gemeinde hat heute Pläne mit Bau- und anderen Zonen im Internet aufgeschaltet. Welche Vor- und Nachteile birgt diese Digitalisierung? Ein EU-weites Projekt hat das untersucht. WSL-Forscherin Anna Hersperger war daran beteiligt.

Anna Hersperger, was versteht man unter einem digitalen Plan?

Das sind Raumplanungsdaten, die digital abrufbar sind. Sie enthalten nicht nur Karten, sondern auch Resultate von Bevölkerungsbefragungen oder Analysen zur Bevölkerungsentwicklung etwa in einem Quartier. In der Schweiz zum Beispiel gibt es den ÖREB-Kataster. Er listet alle öffentlich-rechtlichen Beschränkungen auf Grundstücken auf. Also ob, was und wie man dort bauen oder wirtschaften darf, was unter Schutz steht oder ob dort Altlasten vorhanden sind. Behörden, Grundstückbesitzer und Investoren brauchen diese Informationen, um Projekte und die Landnutzung planen zu können.

Und wieso muss man das erforschen?

Die digitale Planung entwickelt sich zurzeit recht rasch. Da ist es wichtig, dass man das kritisch durchleuchtet: Welches Vorgehen ist erfolgreich? Worauf muss man achten? Warum lief etwas nicht so gut? Unsere angewandte Forschung hilft den Benutzern dabei, solche «best practices» zu entwickeln.

Wie sind Sie vorgegangen?

Wir haben für 15 Länder grob und für sechs Länder detailliert erhoben, in welchem Mass Pläne on-

line vorhanden sind. Wir fragten nach, wer beteiligt ist oder ob die Pläne für konkrete Bauvorhaben rechtsverbindlich sind. Und wir wollten wissen, wie digitale Plandaten die Planungspraxis beeinflussen.

Was haben Sie herausgefunden?

Wir fanden eine riesige Vielfalt, vom einfachen Scan des Nutzungsplans bis zum kompletten Online-Register mit Geodaten. Allgemein bringt Digitalisierung mehr Effizienz. Früher musste man den Plan an der Wand im Gemeindehaus anschauen, heute geht das ganz rasch im Geografischen Informationssystem, dem GIS.

Gibt es weitere Vorteile?

Digitale Daten ermöglichen die engere Verflechtung von Bausektor, Naturschutz, Infrastruktur und Dienstleistungen. Die Qualität der Planung verbessert sich in gewissem Mass, ebenso die Transparenz.

Was ist mit Schwierigkeiten oder Nachteilen?

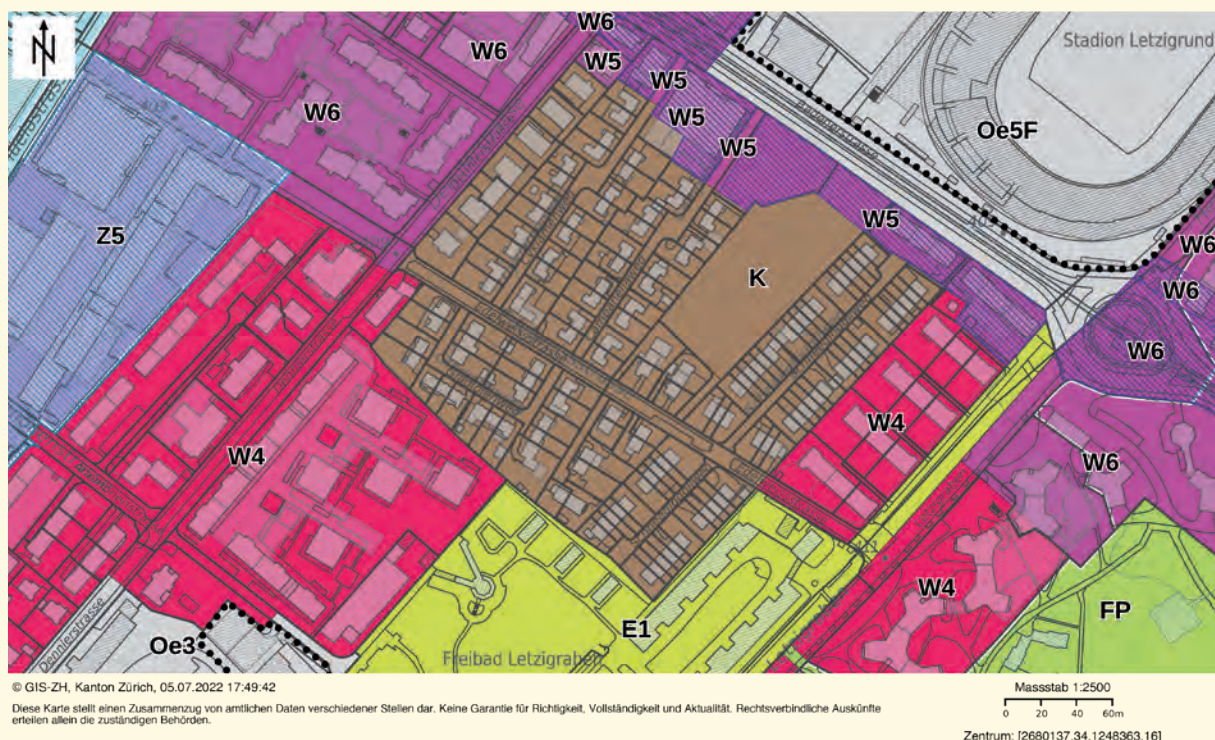
Eine grosse Herausforderung ist es, Standards zu entwickeln, beispielsweise einheitliche Zeichen- und Farbschemata oder Datenformate. Damit könnte man spannende Fragen für grössere Regionen beantworten, ob sich etwa eine Umgebung so entwickelt hat, wie die Planung es vorgesehen hatte.

Sie haben 25 Empfehlungen für die Politik formuliert. Welche sind die wichtigsten?

Sicher braucht es eine längerfristige Strategie für die Digitalisie-



Anna Hersperger ist Leiterin der Forschungsgruppe Landnutzungssysteme und Mitglied der WSL-Direktion.



Alles online: Der Kataster der öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkungen (ÖREB-Kataster) enthält alle Informationen, wie man ein Grundstück nutzen darf oder nicht.

rung und eine gute Nutzerfreundlichkeit. Man sollte die Digitalisierung in ländlichen Gebieten fördern und in Prozessketten denken. Derzeit erfolgt Planung in getrennten Sphären, von der Baubewilligung über den Bau bis zum Monitoring. Sinnvoll wäre es, all dies mit einheitlichen Datengrundlagen anzugehen.

Wenden mehr Leute die Pläne an, wenn diese online sind?

Tatsächlich nutzen zum Beispiel Notare oder Immobiliengesellschaften mittlerweile häufig die digitalen Pläne. Wir hätten aber mehr erwartet, dass Naturschutz- oder Quartierorganisationen sich damit auf dem Laufenden halten.

Machen digitale Pläne die Raumplanung demokratischer?

Wenn man es gut macht, schon. Unbestritten ist, dass die Bevölkerung sich mit digitalen Plänen viel

besser informieren und einfacher mitreden kann. Manche befürchten aber, dass die Raumplanung zu stark technokratisch und damit intransparent wird. Als Folge könnten die politische Diskussion oder die Kreativität der Raumplanerin in den Hintergrund treten. Wichtig zu erwähnen ist, dass es bezüglich Transparenz noch Luft nach oben gibt, weil viele überregionale Planungen wie Agglomerationsprogramme noch nicht in den digitalen Plänen enthalten sind. (bki)

espon.eu/digiplan



Nicht wegzudenken von der Baumgrenze der Alpen: die Arve, *Pinus cembra*.

Sie trotzt eisiger Kälte und intensiver Sonne: die Arve, die Königin der Alpen. Sie gedeiht dort an der Baumgrenze und vereinzelt in den Karpaten. Das war nicht immer so: Wärmere und kältere Perioden während der Eiszeiten zwangen die Art immer wieder auf Wanderschaft. Die Wege, die sie dabei nahm, und die Orte, an denen sie zu kalte oder warme Zeiten überdauerte, haben Forschende der WSL nun erstmals anhand fossiler Funde sowie genetischer Daten über ihr ganzes Verbreitungsgebiet rekonstruiert.

Das Team um Felix Gugerli wertete dafür datierte Fossilfunde von Arven von über hundert Fundstellen aus; die ältesten waren um zwanzigtausend Jahre alt. Zudem bestimmten sie in knapp hundertfünfzig Arvenbeständen die genetische Vielfalt. Die Fossilien erlaubten, die Art «handfest» in bestimmten Regionen und Zeiten zu verankern. Die genetischen

Daten geben Hinweise auf Ereignisse, die Hunderttausende Jahre zurückliegen können.

Zwei Linien identifiziert

So muss vor über 200'000 Jahren ein Teil der Arven über lange Zeit räumlich vom Rest des Vorkommens getrennt gewesen sein: Dadurch bildeten sich eine «östliche» und eine «westliche» Linie der Arve aus. «Ab einer Entfernung von etwa fünfhundert Kilometern findet kaum mehr genetischer Austausch zwischen einzelnen Beständen statt», erklärt Gugerli. Dies führte dazu, dass die östliche Linie, die heute in den Ostalpen und den Karpaten vorkommt, ein anderes genetisches Muster besitzt als die Westalpen-Arven.

Die Daten deuten zudem darauf hin, dass die Arve damals kaum flächendeckend vorkam. Selbst als sie am weitesten verbreitet war – gegen Ende der letzten Kaltzeit, als sie das

Gebiet zwischen Alpen und Karpaten bis in mittlere Höhen der Gebirge besiedelte – waren ihre Bestände vermutlich vereinzelt.

«Mit zunehmender Erwärmung drängte dann die Fichte nach, die sich schneller ausbreitet und rascher wächst», erklärt Gugerli. Die Arve wich in die Höhe aus. Solche Informationen über vergangene Wanderungen helfen, bessere Aussagen über die Zukunft der Baumart im Klimawandel machen zu können.

Die Arve könnte bei anhaltender Erwärmung weiter nach oben steigen, vermuten die Forschenden. Doch dafür braucht sie wohl menschliche Hilfe. Denn der Tannenhäher, der ihre Samen ausbreitet, versteckt diese nur gelegentlich oberhalb der Baumgrenze. Genetische Daten helfen hier, geeignete Herkünfte oder Standorte für allfällige Anpflanzungen zu identifizieren. *(kus)*

wsl.ch/arve

BIODIVERSITÄT

Wie Schnee die Natur prägt

Die Schneebedeckung hat einen grossen Einfluss auf alpine und arktische Ökosysteme. Warum, erklärt SLF-Forscher Christian Rixen im Interview.

Christian Rixen, Sie sind Pflanzenökologe und forschen in sehr kalten Ökosystemen, in der Arktis und den Alpen. Warum ausgewertet in Gegenden, wo nicht viel wächst?

Mich faszinieren die auf Kälte spezialisierten Pflanzen, da sie in einer aus unserer Sicht lebensfeindlichen Umgebung wachsen. Ihre Lebensräume sind besonders stark vom Klimawandel betroffen. Und ich frage mich, was für eine Zukunft die hochalpinen Spezialisten haben. Wohin weichen sie aus, wenn das Klima wärmer wird? Bei uns sind die Berge ja relativ hoch. Doch je weiter nach oben die Pflanzen ausweichen müssen, desto kleiner wird ihr Lebensraum.

Aber weshalb die Arktis?

Ich pflege zu sagen: Was in der Arktis passiert, bleibt nicht in der Arktis. Hier sind riesige Kohlen-



Christian Rixen ist Pflanzenökologe am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.

stoffmengen im Permafrost gespeichert, also im ständig gefrorenen Boden. Wenn dieser auftaut, wird der Kohlenstoff in Form von Treibhausgasen freigesetzt. Das kann die Klimaerwärmung zusätzlich befeuern, wodurch – pessimistisch gesagt – unsere Bemühungen, den Klimawandel aufzuhalten, zunichte gemacht werden. Die Pflanzen können eine wichtige Rolle spielen, sowohl bei der Festlegung und Freisetzung von Kohlenstoff. Ausserdem sind sie hervorragende Indikatoren für Umweltbedingungen und eventuell auch für die Kohlenstoffvorräte im Boden.

Was bewirkt Schnee in diesen kalten Ökosystemen?

Der Effekt von Schnee ist dort besonders gross, weil er während eines grossen Teils des Jahres liegenbleibt. Die Länge der schneebedeckten Zeit bestimmt, wie lang oder kurz die Sommersaison ist. Und wann genau der Schnee schmilzt, beeinflusst stark, welche Pflanzengesellschaften an einem Ort vorkommen können.

Unterscheidet sich die Schneebedeckung in der Arktis von jener der Alpen?

Wir haben in den Alpen viele Niederschläge in Form von Schnee, der den Boden isoliert. Wenn die Schneedecke mehr als etwa einen halben Meter dick ist, herrschen an der Bodenoberfläche null Grad, darunter ist es ein paar Grad wärmer. In den hohen arktischen Regionen hingegen ist es oft relativ trocken und es gibt weniger isolierenden Schnee. Dadurch sind Bodenfröste stärker und der Boden kühlt stärker aus, was sich auch auf den Permafrost auswirkt.

Was geschieht, wenn der Schnee früher schmilzt? Profitieren die Pflanzen?

Das ist recht interessant. In einem Winterexperiment in Davos haben wir jedes Frühjahr auf vordefinierten Flächen oberhalb der Waldgrenze Schnee weggeschaufelt. Die meisten Pflanzen profitierten eher nicht davon. Für viele alpine Pflanzen ist es besser, wenn der Schnee länger liegen bleibt, weil er vor Bodenfrost schützt und die Pflanzen im Frühjahr mehr Feuchtigkeit haben. Die einzige Ausnahme in unserem Experiment war die Alpenazalee. Sie wächst natürlicher-

weise an Kuppenlagen, wo der Schnee früh schmilzt, und profitierte von der längeren Wachstumsaison.

Und was, wenn der Schnee länger liegen bleibt als normal?

Auch das hat man experimentell untersucht, mit interessanten Resultaten. Denn statt zu schaufeln, kann man auch Schneezäune aufstellen. Das funktioniert dort, wo es eher wenig schneit und es eine bevorzugte Windrichtung gibt. Auf der windabgewandten Seite bildet sich so ein Schneehaufen. Ein solches Experiment von Forschenden der Forschungsstation Abisko in Nordschweden ergab, dass der Permafrost unter einem Schneehaufen tatsächlich stärker taut. Der Schnee verhinderte die Auskühlung des Bodens.

Hat der Klimawandel die Schneemenge verändert?

In den letzten Jahrzehnten ist es wärmer geworden und parallel dazu war der Boden an den meisten Orten weniger lang mit Schnee bedeckt. Auf dem Weissfluhjoch in Davos hatten wir zum Beispiel letzten Winter die kürzeste Schneebedeckungsdauer in den achtzig Jahren seit Messbeginn. Was wir aber noch nicht wissen ist, ob die Erwärmung dazu führen wird, dass wir überall weniger Schnee sehen werden. Es kann auch sein, dass die höheren Temperaturen zu mehr Niederschlägen führen und es dadurch in höheren Lagen im Hochgebirge oder in der Hohen Arktis mehr schneit. Die Zusammenhänge zwischen Klimaerwärmung und Schneebedeckung sind nicht linear. (m/g)

Eric Gehring, Cadenazzo

«Ich liebe es, meine Umgebung mit immer neuen Augen zu sehen. Das ist für mich wie ein zeitloses Spiel, bei dem ich meine Wahrnehmung bis ins Unendliche erweitern kann. Es in dieser wunderschönen Natur zu tun, ist für mich fast wie Magie.»



AUF DEN SPUREN INVASIVER PFLANZEN

Eric Gehring arbeitet am WSL Standort Cadenazzo. In der Gruppe Insubrische Ökosysteme untersucht er exotische Pflanzen wie den Blauglocken- oder den Götterbaum, die sich in den Tessiner Wäldern rasant vermehren. Er will herausfinden,

was diese Gehölze so invasiv macht und erarbeitet Lösungen für einen sinnvollen Umgang mit ihnen. «Obwohl diese Pflanzen Probleme verursachen, finde ich ihre Fähigkeit faszinierend, selbst in feindlichen Umgebungen zu überleben.» (gpe)

Die Wirkung von Totholz auf Steinschlag und Lawinen besser abschätzen

Ein grosser Teil des Schweizer Waldes schützt Siedlungen oder Infrastruktur vor Lawinen, Steinschlag oder Murgängen. Doch auch dort werfen etwa Stürme Bäume grossflächig um. Das beeinflusst die Schutzwirkung. Wie, haben Forschende des WSL-Instituts für Schnee- und Lawinenforschung SLF untersucht.

«Wildbäche und Murgänge werden durch herumliegendes Totholz gefährlicher», sagt SLF-Forscher Peter Bebi, der die Arbeiten betreut. Wird es mitgerissen, vergrössert es das Schadenspotenzial von Schlamm-lawinen. «Deshalb wird es in Gerinnen mit hohem Murgangrisiko geräumt. Bei Lawinen und Steinschlag ist das weniger klar.» Die Doktorierenden Natalie Brozová und Adrian Ringenbach befassten sich mit dieser Frage.

So überwandern in einem Versuch Ringenbachs nur knapp vier Prozent der 45 Kilo schweren, künstlichen Steine eine Zone mit liegenden Bäumen. Im stehenden Wald oder nach der Räumung der Fläche waren es jeweils über 70. «Das ist eine Fra-

ge der Wahrscheinlichkeit: Rollt ein Stein den Berg herunter, ist die Chance, dass er einen quer zur Fallrichtung liegenden Baum trifft grösser, als dass er auf einen stehenden prallt», erklärt Bebi. «Unsere Modelle deuten darauf hin, dass selbst nach zehn Jahren das liegende Totholz noch besser vor Steinschlag schützt als ein stehender Wald. In sehr steilem Gelände stellen lose Steine hinter zerfallenden Stämmen allerdings ein Restrisiko dar, weil sie wieder ins Rollen kommen können.»

Lange anhaltender Schutz

Auch vor Lawinen schützt totes Holz noch über Jahre, wie Brozová herausfand. Nach zehn bis fünfzehn Jahren erreicht der Schutz allerdings einen Tiefpunkt. Dies, weil Äste vermodern oder brechen und die Barriere aus Holz in sich zusammensinkt. Danach geht es wieder aufwärts: Dann beginnt der nachwachsende Wald, seine Schutzfunktion zu erfüllen. Ähnliches gilt für Steinschlag.

Die Forschenden fanden auch Wege, die «Rauigkeit» des Bodens –



Stehende (gelb/orange) und liegende Bäume (weiss) beeinflussen die Geschwindigkeit der rollenden Steine (in der Visualisierung grün).

Bild: Adrian Ringenbach, SLF

Hindernisse wie Totholz, einzeln stehende Bäume oder Unebenheiten – besser in Modelle zur Risikoanalyse oder Simulationen abzubilden. Dort ist dieser Faktor laut Bebi unterrepräsentiert. Da man aber erwartet, dass Stürme, Trockenheit und Borkenkäfer-Attacken im Klimawandel zu mehr Totholz führen, wird er immer wichtiger.

Brozová gelang es, hier für Lawinen einen Algorithmus zu identifizieren und auf die Situation am Berg anzupassen. Zudem zeigte sie, dass sich gewisse Fernerkundungsdaten zur Einschätzung der Rauigkeit eignen. Sie einzubeziehen, würde eine deutlich grossflächigere Gefahrenanalyse erlauben, als dies allein mit

Begehungen möglich ist. Ringenbachs Daten halfen dabei, liegendes Holz korrekt in Modelle zum Stein Schlag zu integrieren.

«Nun gilt es, Erfahrungswerte mit den angepassten Modellen zu sammeln», sagt Bebi. «Dann könnten wir zum Beispiel Schwellenwerte setzen, ab denen Totholz etwa bei einer bestimmten Hangneigung schützt und welche Restrisiken bleiben. Das kann dem Forstdienst bei der Entscheidung helfen, ob Holz geräumt wird oder liegen bleibt.» *(kus)*

wsl.ch/schutzwald

NATURGEFAHREN Ungenutztes Potenzial: Mit Glasfaserkabeln Lawinen aufspüren

Die meisten Lawinen gehen unbeobachtet in den Bergen nieder. Insbesondere für die Strassensicherheit wäre es aber wichtig zu wissen, wo und wann genau ein Ereignis stattgefunden hat, damit die Behörden die betroffene Strecke effizient räumen und wieder öffnen können. Und die Lawinenwarnung benötigt diese Daten, um ihre Prognosen zu verfeinern.

Als Lawinenbeobachter vor Ort könnten nun bestehende Glasfaserkabel aus der Telekommunikation zum Einsatz kommen. Diese reagieren auf Erschütterungen im Boden mit minimalen Verformungen. Ein Gerät, das Laserpulse in die Kabel schickt, misst diese und erlaubt so, die Kabel als seismische Sensoren zu nutzen. «Die Technologie ist nicht neu. Wir haben sie nun aber erstmals angewendet, um Lawinen aufzuspüren», sagt Alec van Herwijnen, Lawi-

nenforscher am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.

Tests am Flüelapass (GR) verliefen positiv. Unter Leitung der Gruppe Seismologie und Wellenphysik der ETH Zürich identifizierte das Team um ETH-Forscher Pascal Edme mehrere Lawinen, die über oder neben einem Kabel entlang des Passes niederging. Die Umsetzung in die Praxis ist jedoch nicht ganz einfach. Das Problem: Jede Erschütterung des Bodens erzeugt ein Signal, das sich in den Daten niederschlägt. «Die Auswertung der enormen Datenmengen bei einer flächendeckenden Überwachung erfordert neue Methoden wie maschinelles Lernen», sagt van Herwijnen. Er ist überzeugt, dass die Forschung in den nächsten Jahren hier grosse Schritte vorwärts machen wird. *(lbo)*

Drohnen sollen in Zukunft autonom Lawinen erkennen und kartieren



Hier steuert noch ein Mensch die Drohne – zukünftig sollen sie völlig autonom fliegen und Lawinen kartieren.

Täglich steigen in den Schweizer Alpen flugzeugartige Drohnen auf. Sie überfliegen grosse Gebiete und erfassen Anriss, Sturzbahn und Ablagerung aller niedergegangenen Lawinen. Die Informationen stellen sie dem Lawinenwarndienst des SLF und lokalen Sicherheitsverantwortlichen sofort zur Verfügung. Auch Ingenieurbüros, die Gefahrenkarten erstellen und Schutzmassnahmen planen, nutzen die Daten.

Noch ist es eine Zukunftsvision, die der SLF-Fernerkundungsspezialist Yves Bühler hier zeichnet. «Wir wissen heute erst bruchstückhaft, wann sich wo welche Lawine ereignet hat», erklärt er. «Das ist aber wichtig, um herauszufinden, warum Lawinen unter bestimmten Bedingungen abgehen – oder eben auch nicht.»

Künstliche Intelligenz und autonome Drohnen

Noch fehlt vieles, um die Vision Realität werden zu lassen: So können bisher nur Menschen Lawinen auf Fotos erkennen. Für Satellitenbilder hat Elisabeth Hafner, Doktorandin bei Bühler, jedoch bereits eine künstliche Intelligenz so trainiert, dass der Computer mit ihr selbständig Lawinen kartiert. Dies bringt sie ihr nun auch für Drohnenbilder bei. Wenn die Drohnen jede Lawine aus mehreren Winkeln fotografiert, kann der Computer zudem deren Volumen fotogrammetrisch berechnen.

An der Drohnentechologie arbeitet das Autonomous Systems Lab der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit dem SLF. Denn die Drohne muss nicht nur mit Frost, Felswänden und Fallwinden klarkommen, sondern auch so lange in der Luft bleiben, dass sie abgelegene Gebiete erreicht. Ausserdem soll sie ihre Bahn selbständig von Suchflug auf detaillierte Erfassung umstellen, sobald sie irgendwo eine Lawine entdeckt. Das bedeutet, dass das Programm Lawinen in Echtzeit erkennen und zuverlässig mit der Steuerung der Drohne interagieren muss. Bühler weiss, dass das nicht einfach ist: «Das Projekt kann auch scheitern. Aber falls es gelingt, dann ist es ein riesiger Fortschritt für den Lawinenschutz!» (bio)

wsl.ch/avalmapper

SCHNEE UND EIS Neue Methode, um weltweit Schneedecken zu vermessen

Bedeutende Teile der Erdoberfläche sind jahreszeitlich oder ganzjährig mit Schnee bedeckt. Das hat einen wichtigen Einfluss auf das globale Klima. Um diesen abzuschätzen, sind exakte Informationen über die Schneedecke entscheidend. Doch gerade die grossen – und damit in Bezug auf das Klima besonders einflussreichen – schneebedeckten Gebiete in der Antarktis, in Grönland, im Norden Kanadas und in Sibirien sind extrem abgelegen. Messungen der Schneemengen vom Boden aus gibt es von dort daher nur vereinzelt.

Um grossflächige Daten über den Schnee in diesen Regionen zu erhalten, kommen Satelliten zum Einsatz. Allerdings ist die Auswertung dieser Fernerkundungsdaten bisher mit grossen Unsicherheiten behaftet. Henning Löwe vom WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF hat nun gemeinsam mit Forschenden aus Frankreich und Kanada eine Methode entwickelt, die hier exaktere Messungen ermöglicht.

Schlüssel zum Verständnis

Die Satelliten messen die von der Erdoberfläche abgestrahlten Mikrowellen. Das Signal, das der Satellit empfängt, ist einerseits davon abhängig, ob und wieviel Schnee am Boden liegt. Andererseits beeinflusst aber auch die Art des Schnees, das heisst seine Mikrostruktur, die vom Satelliten gemessene Strahlung. Die Forschenden müssen diese Zusammenhänge genau verstehen, damit sie aus den Fernerkundungsdaten Schneemengen ableiten können.

Löwe und seine Kolleginnen und Kollegen analysierten deshalb Proben

verschiedener Schneearten in einem Mikro-Computertomographen im Kältelabor des SLF. Aus diesen Messungen gewannen sie neue Erkenntnisse über die Mikrostruktur des



Mikro-Computertomographie einer Schneeprobe aus der Arktis: Bei der Interpretation von Fernerkundungsdaten muss die Mikrostruktur berücksichtigt werden.

Schnees. Diese ermöglichten ihnen, den Einfluss der Schneeart auf die in der Schneedecke gestreute Mikrowellenstrahlung zu bestimmen und diese mit Satellitenmessungen zu bestätigen. Wird das verbesserte Verständnis künftig bei der Auswertung der Fernerkundungsdaten berücksichtigt, erwartet Löwe, dass die präziseren Informationen über die Schneedecke zu genaueren meteorologischen und klimatologischen Vorhersagen beitragen können. *(mhe)*

Marco Hofmänner, Davos

«Im Winter ist es hier im Bike- und Seilpark ganz ruhig, er ist geschlossen. Mit meinem Velo fahre ich jetzt nur zur Arbeit. Im Sommer übe ich als passionierter Biker hier meine Skills. Dann ist der Ort der Treffpunkt in Davos. Mir gefällt die ungezwungene Atmosphäre.»



ABWECHSLUNG UND FREIHEIT IN DER KÜCHE

Marco Hofmänner ist am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos für das leibliche Wohl der Mitarbeitenden zuständig: «Menüs planen, einkaufen, kochen, backen, putzen, der direkte Kontakt mit verschiedenen Leuten im Haus

– mir macht die Vielseitigkeit meiner Arbeit grossen Spass.» Dankbar ist der Koch für die angenehmen, in der Branche unüblichen Arbeitszeiten. Hofmänner ist wichtig, dass alle die Cafeteria zufrieden verlassen. Feedback ist erwünscht! (sni)



Grenzen trennen, bilden aber auch Begegnungszonen. Sie sind scharf oder unscharf, lückig oder undurchlässig. Bei ihrer Arbeit stossen WSL-Forschende immer wieder auf Grenzen und untersuchen diese: Was geschieht an der Grenze zwischen Wasser und Land? Wie verschiebt sich die Waldgrenze, wenn es wärmer wird? Und wie können invasive Arten daran gehindert werden, unsere Landesgrenzen zu passieren? Dabei überwinden die Forschenden oft selber Grenzen und arbeiten über Forschungsdisziplinen, Institutionen und Kontinente hinweg zusammen.

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

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

IMPRESSUM

Herausgeberin
Eidg. Forschungsanstalt WSL

Text:
Lisa Bose (lbo), Majken Grimm (mlg),
Martin Heggli (mhe), Beate Kittl (bki),
Stephanie Kusma (kus), Birgit Ottmer
(bio), Sara Niedermann (sni), Gottardo
Pestalozzi (gpe), Santina Russo (sru)

Redaktionsleitung:
Claudia Hoffmann, Stephanie Kusma;
diagonal@wsl.ch

Gestaltung:
Raffinerie AG für Gestaltung, Zürich

Layout: Sandra Gurzeler, WSL

Druck: cube media AG, Zürich
Papier: 100 % Recycling

Auflage und Erscheinen:
4800, zweimal jährlich

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

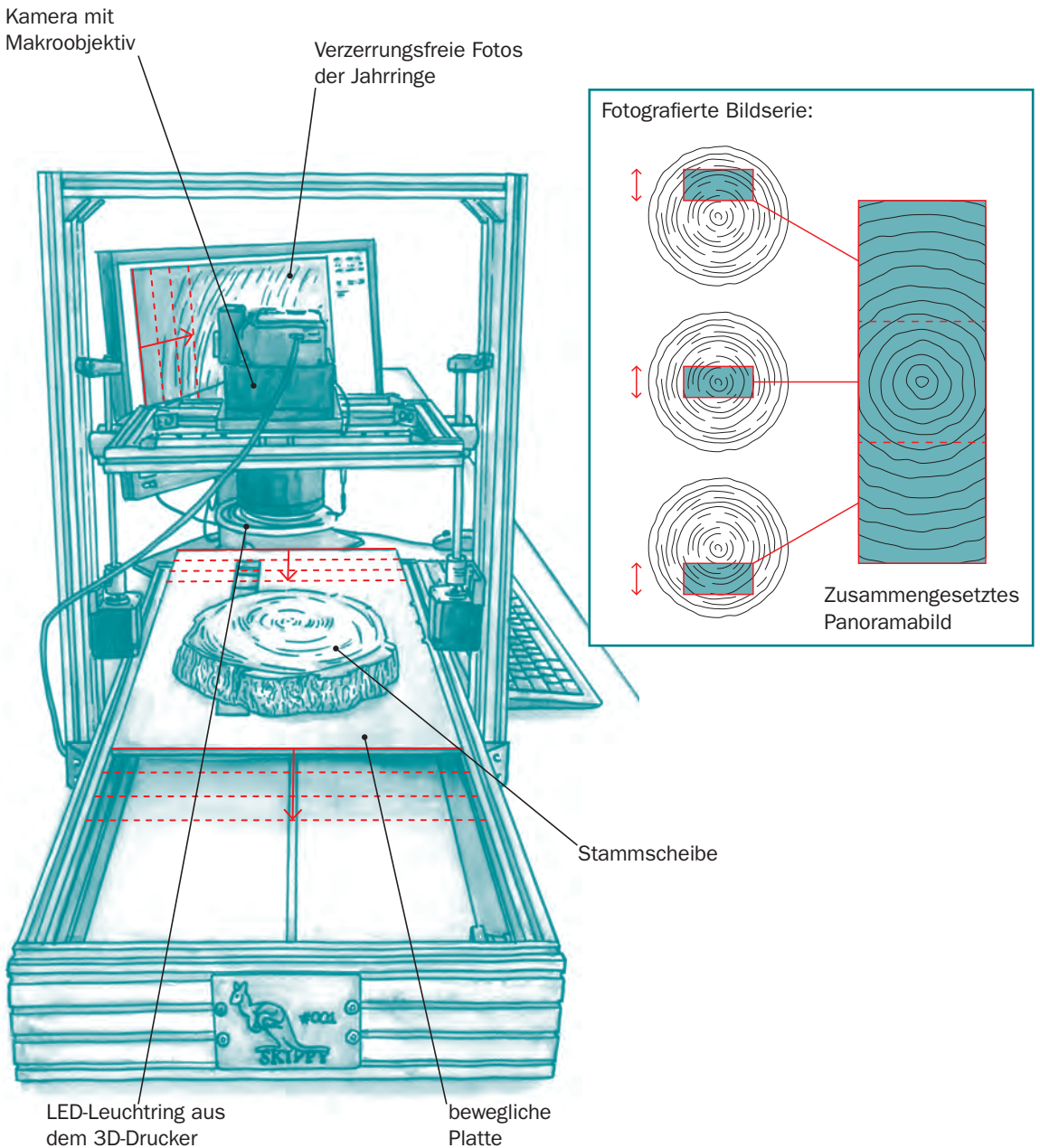
Zitierung:
Eidg. Forschungsanstalt WSL, 2022:
WSL-Magazin Diagonal, 2 / 22.
36 S., ISSN 2296-3561

PERSONEN



Die Diagonal-Redaktion von links nach
rechts; oben: Stephanie Kusma, Beate
Kittl; unten: Birgit Ottmer, Sandra
Gurzeler, Claudia Hoffmann, Lisa Bose

FOTO-ROBOTER «SKIPPY»



Jahrringe liefern uns wichtige Informationen über das Klima der Vergangenheit. Die Dendroforschenden der WSL vermessen deshalb jedes Jahr Hunderttausende davon. Bisher mussten sie das von Hand per Mausklick an einem «live»-Bild eines Bohrkerns oder einer Stammscheibe machen. Seit kurzem erleichtert ihnen nun ein Foto-Roboter namens «Skippy» diese Arbeit: Der Bohrkern oder die Stammscheibe liegen auf einer verschiebbaren Platte, die computergesteuert jeweils um einige Millimeter weiterrückt. Ein auf einer Halterung montierter Fotoapparat nimmt bei jedem Stopp ein Bild auf. Anschliessend setzt man mit einem Computerprogramm alle Bilder verzerrungsfrei zusammen. Auf dem hochauflösten Panoramabild lässt sich nun jeder Jahrring exakt vermessen. (bki)

Video auf:
www.wsl.ch/ding



WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Was leistet der Gebirgsraum?

Nr. 1
13

Asiatischer Laubholzbockkäfer:
Neue genetische Methoden, S. 20

Eschenwelke:
Neuer Infektionsweg via Rinde entdeckt, S. 23

Landschaftsentwicklung:
Naherholungsgebiete unter Nutzungsdruck, S. 24

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Trockenheit im Wasserschloss Schweiz?

Nr. 2
13

Flächennutzung:
Handelbare Zertifikate als wirkungsvolles Instrument, S. 26

Neue Produkte:
Schnee- und Lawinenwissen erleben und verstehen, S. 29

Energiewende und Natur:
Wo kommt es zu Nutzungskonflikten? S. 30

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Naturgefahren: alles im Griff?

Nr. 1
14

Photovoltaik:
Hat sie an Lawinerverbauungen eine Zukunft? S. 24

Seit Kurzem online:
Naturgefahrenportal für die Bevölkerung, S. 26

Bodenschutz:
Schwarzerden regenerieren Fahrspuren im Wald, S. 28

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Invasive Arten: Freund oder Feind?

Nr. 2
14

Bergwaldvögel:
Wie können sie trotz Klimawandel überleben? S. 22

Neue Software:
Naturschutzgebiete systematisch planen, S. 27

Lawinenunfälle:
Gruppenzusammensetzung beeinflusst Risiko, S. 28

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Dem Umweltwandel auf der Spur

Nr. 1
15

Nach Stürmen:
Wie schnell entsteht junger Wald von selbst? S. 22

Zersiedelung:
Abnahme hat verschiedene Gründe, S. 24

Ausbau Wasserkraft:
Gefällt die geplante Energielandschaft Grimsel? S. 28

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Boden: kostbarer Dreck zu unseren Füßen

Nr. 2
15

Borkenkäfer:
Entwicklungsprognose am Bildschirm mitverfolgen, S. 25

Energiewende:
Der Kanton Aargau als Modellfall, S. 26

Tunnelportale:
Besserer Schutz vor Schneeüberhängen, S. 29

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Forschung XXL: die Natur als Labor

Nr. 1
16

Permafrost:
Je kälter, desto mehr Leben, S. 20

Geschichte der Landschaft:
Von der Eiszeit bis zur Gegenwart, S. 27

Lawinen:
Welche Sprengmethode ist am wirksamsten? S. 28

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Strom ohne Atom: Wie kriegen wir die Kurve?

Nr. 2
16

Fernerkundung:
Mit 3D-Daten die Biodiversität im Wald erforschen, S. 22

Neue Software:
Entwicklung der Landschaft mit alten Fotos aufzeigen, S. 26

Lawinen:
Wie riskant sind Touren abseits der Piste? S. 29

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Waldreservate: Wo die Natur Vorrang hat

Nr. 1
17

Samenmast:
Warum bilden Bäume massenhaft Früchte? S. 20

Rumänien:
Wildnis ja, aber bitte keine Einschränkungen, S. 22

Jungfraubahn:
Dank Gutachten besser vor Gletscherabbruch geschützt, S. 29

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Landschaft: viel mehr als nur Kulisse

Nr. 2
17

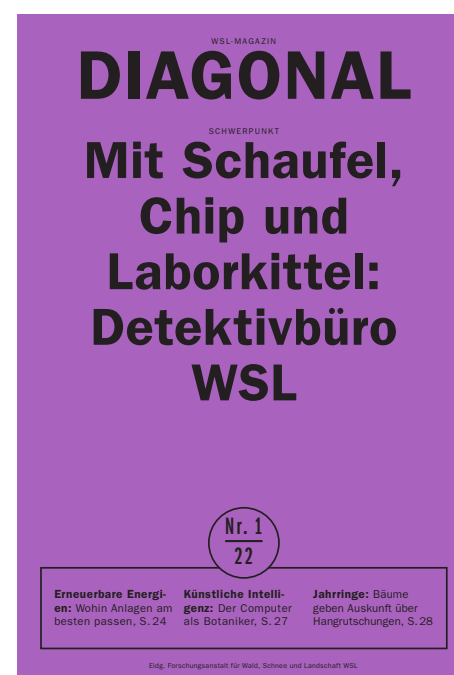
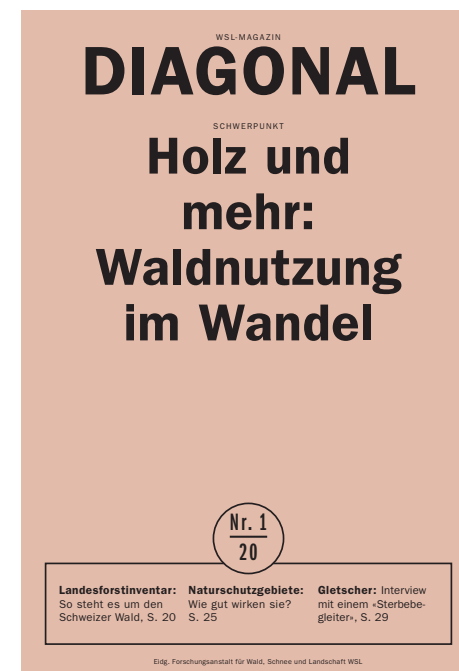
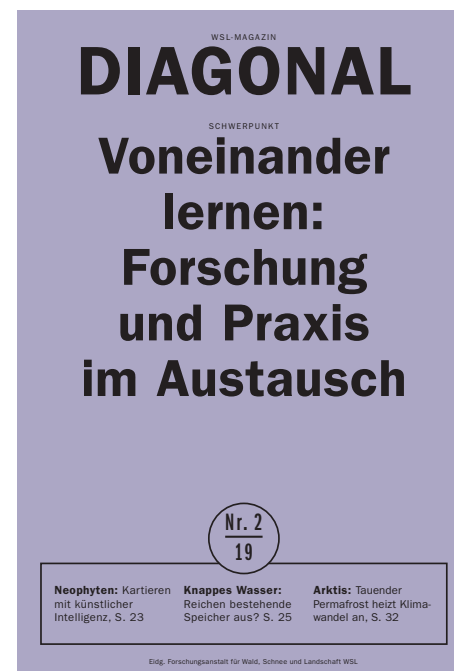
Waldtest:
Den Wald fit machen für das Klima von morgen, S. 22

Biotope:
Luftbilder helfen, sie besser zu schützen, S. 24

Tiefe Töne:
Lawinen mit Infraschall erfassen, S. 30

Edig, Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Die Titelblätter der Diagonal-Magazine seit 2013.



Die Titelblätter der Diagonal-Magazine seit 2018.

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

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

Lausanne

Institut fédéral de
recherches WSL
c/o EPFL-ENAC-PERL
Station 2
CH-1015 Lausanne
Telefon 021 693 39 05
lausanne@wsl.ch
www.wsl.ch/lausanne

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

Sion

Institut fédéral de
recherches WSL
c/o HES-SO
Rue de l'Industrie 23
CH-1950 Sion
Telefon 044 739 21 61
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 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.

