

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Grenzen: fest oder fliessend

Nr. 1
23

Flüchtige Stoffe:

Den Duft des Waldes messen, S. 20

Weinberge im

Tessin: Wertvolle Anbauflächen, S. 23

Himalaya: Tausende neue Gletscherseen erwartet, S. 29

EDITORIAL

Liebe Leserin, lieber Leser
Grenzen sind in der Vorstellung von uns Menschen klare Trennlinien, manchmal gar Barrieren. In der Natur sind solch scharfe Grenzen äusserst selten. Sie existieren – etwa im Schnee –, aber viel häufiger sind sie diffus, fliessend. Trifft etwa Wasser auf Land, greift beides vielfach ineinander. Selbst die Waldgrenze ist keine klar festgeschriebene Linie. Trotzdem haben wir genaue Vorstellungen, was ein Wald ist, was ein Acker, was ein Dorf und was eine Stadt. Und zwischen diesen Typen ziehen wir oft klare Grenzen. Diese können in die Natur zurückwirken: Der Wald geht abrupt in Ackerland über. Wasser fliesst in einem ummauerten Bett. Plötzlich hat es auch in der Natur scharfe Grenzen. Doch wir dürfen nicht vergessen: Die Grenzen gehen oft darauf zurück, dass wir in Kategorien denken. Viele «Grenzen» sind ein Konstrukt in unseren Köpfen. Das zeigt sich auch im vorliegenden Diagonal. Und das muss uns klar sein – auch, damit wir sinnvoll mit Grenzen umgehen können.



Christoph Hegg
Stellvertretender Direktor WSL



Grenzen



WERTVOLLE KONTAKTE
Warum die Übergänge zwischen Ökosystemen so wichtig sind und was hinter unscharfen Grenzen steckt.
→ **2**



JENSEITS DES WALDES
Der Bergwald breitet sich aus – aber nicht gleichmässig. SLF-Forschende untersuchen, woran das liegt.
→ **12**



ARTEN OHNE GRENZEN
WSL-Forschende arbeiten an Strategien und Methoden, gebietsfremde Arten wie den Götterbaum einzudämmen.
→ **14**



SCHICHTGRENZEN IM SCHNEE FINDEN
SLF-Forscher haben ein Gerät entwickelt, mit dem sie Dichte und Dicke von Schneeschichten bestimmen. DIAGONAL hat sie beim Testen begleitet.
→ **6**

KERNTHEMEN


- 20** WALD
- 23** LANDSCHAFT
- 26** BIODIVERSITÄT
- 28** NATURGEFAHREN
- 32** SCHNEE UND EIS

PORTRÄTS


- 19** Valentin Moser, Biologe
- 31** Armanda Pitschi, Informatikerin
- 34** Kasper Plattner, Klimawissenschaftler
- 35** IMPRESSUM, AUSBLICK
- 36** DAS DING: Schwimmdrohne

ÖKOSYSTEME In der Natur sind Übergänge zwischen Lebensräumen fließend. Sind sie scharf, steckt meist der Mensch dahinter.

Grenzen entstehen in unseren Köpfen



Nach der Einführung des Forstpolizeigesetzes 1876 wurden in der Schweiz die Waldweide und die Nutzung von Laub nach und nach verboten. Diese Nebenprodukte des Waldes waren nicht mehr mit der Intensivierung der Holzproduktion vereinbar.



Diese scharfe Linie zwischen Feld und Wald ist menschengemacht. Sie erleichtert es, sowohl den Wald als auch das Feld bis an die Grenzen intensiv zu bewirtschaften.



Ein klar vom Offenland abgetrennter Wald gefällt vielen Menschen, da der Waldrand einfacher genutzt werden kann. Für die Biodiversität sind gestufte Wälder mit einer Übergangszone besser, da hier viele Arten Lebensraum, Schutz und Nahrung finden.

Stetten (Kanton Schaffhausen)

Bild: Ulrich Wasem, WSL

Die Gegensätze könnten nicht stärker sein: Auf der einen Seite das offene, flache Kornfeld, auf der anderen der geschlossene Wald, der sich wie eine grüne Wand aus hoch aufragenden Bäumen vom Feld abhebt. Auf der Schweizer Landeskarte ist die scharfe Grenze zwischen Wald und Offenland deutlich eingezeichnet.

Natürlich ist diese harte Grenze nicht. Der Mensch hat sie geschaffen – aus Gründen der Wirtschaftlichkeit. «Das Forstpolizeigesetz von 1876 schuf eine schweizweite Grundlage, um die Forstwirtschaft zu professionalisieren», sagt Matthias Bürgi, der an der WSL die Forschungseinheit Landschaftsdynamik leitet und sich mit Landschaftsgeschichte beschäftigt. «Das Gesetz regelte die Zuständigkeiten und Verhältnisse, wie das Land zu nutzen ist. Es versetzte Forst- und Landwirtschaft in die Lage, ihre Anbauflächen intensiver zu nutzen.» So entstanden die klaren Grenzen zwischen Wald und Feld zuerst in den Köpfen – und danach auch in der Landschaft.

Überlässt man der Natur den Übergang zwischen Offenland und Wald, ist er deutlich weicher und fließender. Ans Feld grenzt ein Krautsaum mit Gräsern und Wiesenblumen, gefolgt von einem Gürtel aus Jungbäumen und Sträuchern und dem Waldmantel, der aus ungenutzten sowie alten oder abgestorbenen Bäumen besteht. Jede Stufe ist mit der angrenzenden verwoben. Dieser Übergangsbereich zwischen zwei Ökosystemen, Ökoton genannt, verändert sich zudem laufend: Ohne Eingriffe dringen Büsche ins Offenland vor. Dieses wächst zu und wird letztendlich zu Wald, jedenfalls in Mitteleuropa.

In solch einem natürlichen Waldsaum ist die biologische Vielfalt viel

höher als im Innern des Waldes, wie eine Untersuchung der WSL in den 1990er-Jahren zeigte: Hier leben rund viermal mehr Pflanzen und doppelt so viele Insekten und Spinnen als im Innern des Waldes, zumindest in Bodennähe. Der Grund: Im Grenzbereich zwischen Offenland und Wald wechseln sich Licht und Schatten, Wärme und Kälte auf engem Raum ab. «Diese vielen verschiedenen Standortbedingungen bieten Arten mit unterschiedlichen Ansprüchen einen Lebensraum», sagt Martin Obrist, Zoologe und beteiligt an den Untersuchungen.

So fanden die Forschenden in diesem Ökoton neben Insekten, die als Waldarten gelten, und solchen, die überwiegend im Offenland vorkommen, auch Arten, die ausschliesslich im Waldsaum leben. «Waldsäume sind nicht nur Überschneidungszonen, sondern eigenständige Lebensräume», sagt Obrist. Der Übergangsbereich dient vielen Tieren zudem als Rückzugsort. Hier finden Insekten Schutz, etwa wenn das angrenzende Feld umgepflügt oder abgeerntet wird. «Die Ergebnisse haben gezeigt, wie wichtig natürliche Waldränder im Kulturland als Horte der Biodiversität sind», sagt Obrist.

Übergangsbereiche sind attraktiv

Orte, an denen zwei Ökosysteme aufeinandertreffen, sind nicht nur bei Tieren und Pflanzen beliebt, sondern oft auch bei Menschen. Das gilt insbesondere für Gewässer. Für eine Studie im Rahmen des Aufwertungsprojekts «Fil Bleu Glatt» des Kantons Zürich (siehe Diagonal 2/21) befragte WSL-Sozialwissenschaftler Marius Fankhauser 2020 die Bevölkerung im Glatttal. Es ging um die Rolle des Flusses Glatt als Naherholungsgebiet und um die Wünsche der Menschen zu dessen Aufwertung. «Die Glatt ist wichtig für die Leute, dort gehen sie gerne hin, um zu verweilen oder sich entlang des Ufers zu bewegen», sagt Fankhauser. Wichtig seien ihnen sichere Zugänge zum Fluss und attraktive Aufenthaltsorte im Uferbereich, und vor allem Kinder und Jugendliche wünschen sich Badestellen.

Beim Übergang zwischen Wald und Offenland ist das ähnlich. Auch hier sind nutzbare Einrichtungen wichtig, etwa in Form eines Bänkchens mit Aussicht. Dabei gefällt ein gestufter, natürlicher Waldrand den Menschen weniger als ein klar vom Offenland abgegrenzter Wald. Das haben Untersuchungen der WSL in den 1990er-Jahren ergeben. «Ein natürlicher Waldrand kann weniger gut genutzt werden, er ist undurchdringbar», erklärt Marcel Hunziker, der an der WSL die Gruppe Sozialwissenschaftliche Landschaftsforschung leitet und die Arbeiten betreut. Ein weiterer Grund: «Ein Waldrand mit überhängenden Bäumen vermittelt ein Gefühl der Geborgenheit, gleichzeitig ist der Blick in die Landschaft frei, was zum Verweilen einlädt. Die Leute bevorzugen darum hier eine klare Grenze.»

Verknüpfte Systeme

Scharfe Grenzen zwischen Ökosystemen bestehen auch in der Wissenschaft. So werden Vorgänge im Wasser und an Land oft getrennt voneinander untersucht. Das möchten Forschende der WSL und des Wasserforschungsinstituts Eawag ändern. Sie starteten 2020 die Initiative «Blue-Green Biodiversity BGB». «Wir wollen die Biodiversitätsforschung an Land und im Wasser besser vernetzen und Massnahmen vorschlagen, wie die biologische Vielfalt erhalten und geför-



Valentin Moser untersucht im Rahmen seiner Doktorarbeit, wie Biber ihren Lebensraum verändern. Das Projekt ist Teil der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity BGB» von WSL und Eawag.

dert werden kann», sagt WSL-Ökologin Catherine Graham, die die Initiative gemeinsam mit Florian Altermatt von der Eawag leitet.

Denn in der Realität herrscht auch zwischen Wasser und Land ein reger Austausch. So leben etwa Amphibien als Larven im Wasser, nutzen als erwachsene Tiere aber meist auch die angrenzenden Landlebensräume. Blätter, die von den Bäumen ins Wasser fallen, sind eine wichtige Nahrungsgrundlage für Mikroben, Wasserinsekten und Fische. Und der Biber gestaltet durch sein Werken ganze Ufer um, was Auswirkungen auf die Lebewesen im Wasser und an Land sowie die Stoff- und Energieflüsse in beiden Systemen hat.

Erste Resultate liefern Einsichten in die vielfältigen Verknüpfungen der beiden Ökosysteme. So hat eines der Forschungsprojekte gezeigt, dass Singvögel ihre Jungen oft mit Wasserinsekten füttern, da diese nahrhafter sind als Landinsekten. Ein anderes verdeutlichte, dass es sich lohnt, für Amphibien neue Teiche anzulegen, wenn diese über Land gut miteinander vernetzt sind. «Die Gründe, wieso die Biodiversität derzeit drastisch abnimmt, sind menschengemacht, etwa der Klimawandel oder die intensive Landwirtschaft. Um den Verlust zu stoppen, müssen wir Land- und Wasserlebensräume gleichzeitig anschauen», sagt Graham. Und dafür die Grenzen in unseren Köpfen überwinden. (lbo)

SCHICHTGRENZEN IM SCHNEE **Reflexionen in Infrarot.** Schneedecken haben Schichten. Deren Grenzen zu erkennen, hilft vielen, vom Lawinenwarndienst bis zum Wintersport. Je objektiver, desto besser. Forscher am SLF haben hierfür ein Gerät entwickelt. DIAGONAL hat sie bei einem Test begleitet.

Langsam, ganz langsam, neigt sich der Schlitten zur Seite. Lars Mewes macht einen schnellen Schritt nach vorne und stabilisiert ihn. Benjamin Walter zieht das Gefährt weiter hinter sich her. Gemeinsam kämpfen sich die Physiker des WSL-Instituts für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos mit ihrer Last durch den Tiefschnee unterhalb des Pischagrats. Rund vierzig Kilogramm an technischen Geräten schleppen sie mit sich.

Das wichtigste Gepäckstück: ein schwarzer Kasten – der SnowImager. Entwickelt haben ihn Martin Schneebeli und Walter. Damit erkennen die Wissenschaftler Schichtgrenzen im Schnee. So heisst die Grenze zwischen zwei Lagen im Aufbau der Schneedecke. Diese entstehen sowohl, wenn Neuschnee auf Altschnee fällt, als auch, wenn sich auf einer Schneesicht Oberflächenreif bildet, der dann zu einer eigenen Schicht gefriert. Einzelne Schichten unterscheiden sich beispielsweise durch verschiedene Dichten und die Art der Schneekristalle. Ihre Grenzen und Beschaffenheit sind unter anderem für den Lawinenwarndienst wichtig, um Schwachschichten zu identifizieren. Denn die können brechen, entweder spontan oder weil Druck auf ihnen lastet, beispielsweise durch einen Skifahrer. Dann besteht die Gefahr, dass der über der Schwach-



Am Anfang steht das Schaufeln: Benjamin Walter und Lars Mewes graben sich durch den Schnee. Rechts der Schlitten, vollbeladen mit zahlreichen Messgeräten.



Messen mit Infrarot: Der Prototyp des SnowImagers im Einsatz.

schicht liegende Schnee als Schneebrettlawine hangabwärts donnert. Noch vermessen Lawinenwarnerinnen und Lawinenwarner die Schneedecke meist zeitintensiv von Hand. Der SnowImager soll das deutlich beschleunigen. «Darüber hinaus erhalten wir eine Auflösung, die bis zu zehnmal höher ist», sagt Walter – und objektiv.

Vor dem Messen steht das Schaufeln. Mewes und Walter graben gleichmässig im Takt. Schneekristalle am Hang reflektieren das gleissende Sonnenlicht. Hundertdreissig Zentimeter geht es nach unten, dann stossen die Forscher auf Grund und erweitern das Loch. Schliesslich zieht Walter mit Säge, Mauerkelle und Pinsel eine Wand der Grube glatt. «Wir brauchen eine plane Fläche zum Messen», erklärt Mewes.

Von der Grundlage zur Anwendung

Endlich ist es so weit. Die Wissenschaftler holen den SnowImager vom Schlitten. Dann geht alles ganz schnell. Von unten nach oben hält Mewes den Kasten mehrmals an die Schneewand. Das dauert insgesamt kaum mehr als zwei Minuten. Leuchtdioden senden für menschliche Augen unsichtbares Infrarotlicht auf die Schneewand. Zwei kleine Kameras im SnowImager messen, wie viel davon die Schneekristalle reflektieren: Je kleiner sie sind, desto mehr Licht kommt zurück. Im Anschluss folgt ein zweiter Durchgang. Diesmal deckt eine Blende mit einem Schlitz die Vorderseite des SnowImagers ab. «So bestimmen wir zusätzlich zur Grösse der Schneekristalle auch die Dichte der einzelnen Schichten», erläutert Walter. Je geringer die Dichte, desto tiefer dringt das Licht in die Schneesicht ein. Und je tiefer es eindringt, desto weiter breitet es sich wegen der Reflexion an den Kristallen seitlich aus. Die Kameras messen aber nur den Anteil des Lichts, der durch den Schlitz zurückkommt. Die Kombination aus beiden Werten liefert eine Analyse, wie die Schneedecke aufgebaut ist.

mehr Bilder:



Der lange Weg zum fertigen SnowImager zeigt, wie wichtig Grundlagenforschung ist. In den 1970er-Jahren hörte der fotografiebegeisterte Teenager Martin Schneebeli erstmals von Infrarotfilmen. Aber erst 1995 ergriff er die Chance, sie auszuprobieren. Da forschte er bereits am SLF und zog mit einem Kollegen, Kamera und Infrarotfilm zum Flüelapass. «Die Idee war, ein Schneeprofil farbig darzustellen, de facto durch unterschiedliche Grautöne», erinnert sich Schneebeli. Der Versuch war erfolgreich, die Schichten waren deutlich zu sehen. Zwischen 2005 und 2007 entstand dazu eine erste Doktorarbeit, später ein Gerät, um die Korngrösse des Schnees zu bestimmen. Die Dichte zu messen, war weiterhin mühsame Handarbeit. «Erst während der Coronazeit kam uns der Geistesblitz: ‘Heureka, ein Schlitz vor dem Profil ist die Lösung’», sagt der ehemalige Leiter der SLF-Forschungseinheit Schnee und Atmosphäre. Die Idee für den SnowImager war geboren, Benjamin Walter machte sich an die Arbeit.

Bereit für die Serienproduktion

An einem sonnigen ersten Februar fahren Mirjam Eberli und Simon Grüter vom Lawinenwarndienst in einen Hang abseits der Pisten des Parsenn-Gebiets bei Davos ein. Auch die beiden schaufeln zuerst. Aber danach geht es nicht so schnell weiter wie bei Mewes und Walter. Zunächst untersuchen sie mit einer Rammsonde, wie gut die Schneedecke verfestigt ist. Dann fährt Grüter vorsichtig mit dem Zeigefinger über die gegrabene Schneewand und ruft Eberli zu, in welcher Höhe er Übergänge von einer Schicht zur anderen fühlt. Danach analysieren sie mit Lupe und Raster Schicht für Schicht Grösse und Art der Schneekristalle. Schliesslich bestimmen sie aufwändig die Dichte der gesamten Schneedecke. Das Ergebnis ist bei dieser Methode individuell, denn wenn Menschen messen, schätzen sie die Lage subjektiv ein, so dass es zu leichten Unterschieden beim Ergebnis kommen kann. Der SnowImager beseitigt diese Unschärfe. Zudem misst er die Dichte pro Schicht und liefert daher detailliertere Daten.

Noch wiegt er fünf Kilogramm. Doch er soll handlicher, leichter, alltagstauglich werden – und serienreif. Davos Instruments will den SnowImager vor Ort produzieren. Das Projektteam sieht allein in der Schweiz langfristig einen Bedarf für bis zu sechshundert Stück und spricht vom ersten tragbaren und gleichzeitig bezahlbaren Gerät, um Schichten im Schnee zu vermessen. Zur Zielgruppe gehören nicht nur Lawinenwarndienste. Aus dem Aufbau der Schneedecke schliessen Expertinnen und Experten, wann und wo Hochwasser drohen. Klimaforschende gewinnen Erkenntnisse zum Klimawandel. Profisportlerinnen und -sportlern helfen die Daten bei der Wahl des richtigen Materials.

Am Ende ihres Messtages haben Mewes und Walter eine weitere, anstrengende Aufgabe vor sich. Sie müssten das mühsam gegrabene Loch wieder zuschütten, erklärt Walter: «Nicht, dass ein Freerider reinfährt und sich verletzt.»

(job)

INFOGRAFIK **Zeit für Blätter!** Wie erkennt ein Baum, dass Frühjahr ist und er seine Knospen gefahrlos öffnen kann? Indem er drei Umweltfaktoren verfolgt – und reagiert, wenn arteigene Grenzwerte überschritten sind.

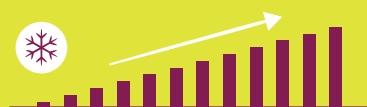
Die Rotbuche im Jahresverlauf

Das Pflanzenjahr setzt sich über kalendarische Grenzen hinweg und kennt zehn Jahreszeiten. Für jenes des häufigsten Schweizer Laubbaums, der Rotbuche, sind drei Faktoren wichtig:

❄️ Kälteperiode ☀️ Tageslänge 🌡️ Temperatur
(Details: siehe unten)



Grenzen überschreiten: Drei äussere Faktoren beeinflussen, wann Knospen aufbrechen.



Kälteperiode

Im Winter «zählen» unsere einheimischen Bäume kalte Tage. Kalt heisst für viele Arten (darunter die Rotbuche) Temperaturen von unter zehn Grad Celsius. Braucht eine Art viele kalte Tage, verzögert ein zu warmer Winter den Austrieb und schwächt diese Bäume.



Tageslänge


Auch die Länge von Tag und Nacht kann den Knospenaustrieb beeinflussen. Die Rotbuche beispielsweise treibt erst ab einer Tageslänge von mindestens zwölf Stunden aus. Für einheimische Eichen ist dieser Umweltfaktor dagegen nicht wichtig.



Temperatur


Die Frühjahrstemperatur ist bei der Rotbuche einer von drei Faktoren für den Knospenaustrieb, bei den einheimischen Eichen jedoch der entscheidende. Sie dürften in einer wärmeren Zukunft deshalb einen «Startvorteil» gegenüber der Buche haben.

Der Einfluss dieser drei Faktoren ist gut untersucht – was während der Winterruhe in den Knospen abläuft dagegen eine Black Box. Deshalb forschen wir daran.



Im Boden des ehemaligen Überschwemmungsgebiets des Flusses Albigna sind die Ablagerungen vergangener Überflutungen deutlich voneinander abgegrenzt. Graue Sand- und ockerfarbene Lehmschichten wechseln sich ab. Die Überschwemmung, aufgrund derer die unterste Schicht entstand, hat grosse Steine deponiert.

An der WSL erforschen und dokumentieren wir Physik, Chemie und Biodiversität von Böden. Wichtige Werkzeuge dafür sind unser Bodenarchiv mit Proben aus der ganzen Schweiz und die damit verknüpfte Datenbank. Da wir in regelmässigen Abständen an den gleichen Standorten Bodenproben sammeln, lässt sich nachverfolgen, wie der Klimawandel und menschengemachte Substanzen die Böden langfristig verändern. Die Erkenntnisse helfen beim Boden- und Umweltschutz.



Die Graswurzeln in der obersten Schicht stabilisieren den Boden und schützen vor Erosion. Die dunkelbraune Färbung dieser Schicht kommt vom Humus, in dem viel Kohlenstoff gespeichert ist. Generell speichern die Böden weltweit gesehen mehr Kohlenstoff als Atmosphäre und Vegetation zusammen.

Boden einer ehemaligen Flussaue bei Vicosoprano im Bergell (GR)

BAUMWACHSTUM **Jenseits der Waldgrenze. Der Bergwald breitet sich aus – aber nicht gleichmässig. SLF-Forschende untersuchen, woran das liegt.**

Zweimal im Jahr steigt Esther Frei die Hänge des Stillbergs im Dischmatal bei Davos hinauf. Nicht aus Vergnügen, sondern beruflich, mit Messgeräten im Rucksack. Die Pflanzenökologin am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos hat dort, zwischen 1900 und 2400 Höhenmetern, vor zehn Jahren drei Versuchsstandorte angelegt: einen im Bergwald, einen an der Waldgrenze und einen 300 Meter darüber. Lärchen- und Fichtensamen hat sie damals ausgebracht. Seither muss sie immer wieder hinauf. Im Juni zählt sie Keimlinge und errichtet Schutzzäune, im Oktober vermisst sie die Pflanzen zusätzlich.

Die bisherigen Resultate: Keine Chance hatte die Aussaat im Wald. Nach zwei Jahren waren alle Samen und Keimlinge gefressen oder wegen der starken Konkurrenz durch andere Pflanzen eingegangen. «Auch an der Waldgrenze behinderte die Vegetation die Keimung», sagt Frei. Langfristig überlebten dort aber im Vergleich zu den anderen Standorten die meisten Bäumchen. Oberhalb der Waldgrenze spross zwar die grösste Zahl Keimlinge. Wegen der harten Bedingungen verschwanden dort die Fichten aber innerhalb von vier Jahren. Lärchenkeimlinge blieben vereinzelt stehen.

Denn die Waldgrenze bedeutet nicht das Ende allen Baumwachstums. Sie gibt an, ab welcher Höhe kein Wald mehr existiert. Darüber liegt die Baumgrenze, erklärt Peter Bebi: «Einzelne Lärchen können sogar einige hundert Meter höher stehen.» Er leitet die Forschungsgruppe Gebirgsökosysteme am SLF, in der Frei Projekt angesiedelt ist.

Die Waldgrenze zieht nach. Bereits seit gut hundert Jahren steigt sie im Dischmatal an, allein in den vergangenen vierzig Jahren im Durchschnitt um zehn

Mehr unter:
slf.ch/waldgrenze



Bereits seit den 1950er-Jahren ist der Stillberg Forschungsgebiet. So pflanzten hier im Jahr 1975 Mitarbeitende der beiden Vorgängerinstitute von WSL und SLF in einem Bereich zwischen 2075 und 2230 Höhenmetern 92 000 Arven, Bergföhren und Lärchen auf der Suche nach einem verbesserten Schutz vor Naturgefahren ...

bis zwölf Meter pro Jahrzehnt. «Am stärksten hat sich die Waldgrenze verändert, wo die Intensität der Beweidung durch Rinder stark abgenommen hat», sagt Bebi.

Doch auch der Klimawandel trägt dazu bei, dass sich Waldgrenzen verschieben – weltweit, beispielsweise nach oben oder in Richtung der Pole. Frei forscht im Rahmen des internationalen Projekts Global Treeline Range Expansion Experiment (G-TREE), zu Deutsch globales Experiment zur Ausdehnung der Baumgrenze. Darin untersuchen Forschende an Standorten von Australien bis Alaska Einflüsse auf die Baumkeimung an der Waldgrenze.

Nicht nur die Temperatur zählt

Allein die Entwicklung der Temperatur heranzuziehen, genüge nicht, auch wenn sie den grössten Einfluss habe, erläutert Bebi. «Konkurrenzvegetation, Dauer der Schneebedeckung, Nährstoffe, Wind, Sonnenstrahlung und Frostereignisse – all das wirkt sich auf das Wachstum der Bäume aus.»

Zudem bedrohen Tiere die jungen Pflanzen, sei es, dass sie diese fressen oder platt treten. Frei hat zum Schutz vor dieser Gefahr über die Hälfte ihrer Anpflanzungen Metallgitter gestülpt. Zahlreiche Versuchsflächen, darunter auch solche ohne Frassschutz, künstliche Aussaat oder Bewuchs, helfen, die Folgen unterschiedlicher Bedingungen zu analysieren.

Denn breitet sich der Wald aus, schützt er besser vor Naturgefahren wie Lawinen und Steinschlag. Für die Pflanzenvielfalt könnte das hingegen negative Folgen haben. Dies untersucht derzeit ein Team um den SLF-Ökologen Christian Rixen. «Wir gehen davon aus, dass die Ausbreitung der Bergwälder zu einem Rückgang der Biodiversität von Pflanzen führen wird, da Arten des mageren oder feuchten Graslandes im Rückgang sind, im Unterschied zu Waldarten.» *(job)*



... 40 Jahre später schützen Metallgitter junge, neu ausgesäte Pflanzen auf einer Versuchsfläche in 2410 Metern Höhe vor dem Frass durch Tiere.

INVASIVE EXOTEN **Arten kennen keine Landesgrenzen.** Die Zahl unbeabsichtigt eingeführter Lebewesen steigt durch den globalen Handel drastisch an. Kontrollen an den Landesgrenzen genügen nicht immer. Die WSL beteiligt sich an der Früherkennung eingeschleppter Arten.

Käfer in Verpackungsholz, Pilzsporen in Blumenerde und exotische Gartenpflanzen: Mit dem internationalen Warenhandel und Reiseverkehr gelangen immer mehr nicht-einheimische Arten in die Schweiz. Breiten sie sich unkontrolliert aus, spricht man von invasiven Arten. Von den rund 1300 etablierten gebietsfremden Arten, die 2022 für die Schweiz bekannt waren, gilt jede sechste als invasiv. Sie zu bekämpfen ist teuer – wenn nicht gar unmöglich. WSL-Forschende arbeiten an Lösungen, um sie möglichst früh zu erkennen und wenn möglich abzuwehren.

Am effizientesten ist es, solche Organismen mit Grenzkontrollen direkt an der Landesgrenze zu entdecken und unschädlich zu machen. Das gelingt aber nicht immer, und viele wandern auch ohne menschliche Hilfe ein. So fielen bis vor ein paar Jahren Schädlinge oder Krankheiten oft erst auf, wenn sie zufällig oder durch gezielte Überwachung im Land nachgewiesen wurden. Der für viele heimische Baumarten gefährliche Asiatische Laubholzbockkäfer beispielsweise wurde wiederholt zufällig in Schweizer Gärten gefunden, wohin er mit Holzverpackungen aus Asien gelangt war.

Mehr zum Waldschutz Schweiz:
wsl.ch/waldschutz

Aus diesem Grund führen viele Länder eine flächendeckende und regelmässige Gebietsüberwachung ein. Für die Schweiz testete die WSL diese zwischen 2020 und 2022 im Rahmen eines Pilotprojekts, unterstützt vom Bundesamt für Umwelt (BAFU). Dabei untersuchten kantonale Waldschutzbeauftragte siedlungsnaher Testflächen in sechs Kantonen regelmässig auf acht besonders gefährliche Schadorganismen, sogenannte prioritäre Quarantäneorganismen. Die kantonalen Waldschutzbeauftragten suchten sämtliche Bäume auf Krankheitssymptome ab und leerten Fallen für Insekten und Pilzsporen. Die WSL-Forschenden bestimmten dann die gefundenen Organismen.

In den drei Versuchsjahren entdeckten sie keine der überwachten Arten, dafür aber andere eingeschleppte Organismen. Etwa eine weitere Bockkäferart aus Asien, deren Gefährlichkeit noch unbekannt ist. «Das zeigt, dass solche Flächen für die frühe Entdeckung von neuen Schadorganismen sinnvoll sind», sagt Valentin Queloz von der Gruppe Waldschutz Schweiz an der WSL, die die Behörden bei der Bekämpfung von Baumkrankheiten und invasiven Waldschädlingen unterstützt.

Das Pilotprojekt überzeugte, und so soll die Gebietsüberwachung bis 2025 landesweit eingerichtet werden. Rund hundert solcher Flächen braucht es für eine wirksame, schweizweite Überwachung, rechnet der WSL-Insektenforscher Benno Augustinus vor.

Zunächst muss aber bekannt sein, welche Organismen die Behörden im Auge behalten sollten. Das kann mit Wächter-Pflanzungen geschehen. An der WSL beispielsweise wurde eine Pflanzung mit europäischen Pflanzenarten ein-



Götterbäume und Blauglockenbäume (links), hier im Tessin, wachsen auf freien Flächen sehr schnell. Deshalb ist es teurer, Stromleitungen freizuhalten.

gerichtet, die häufig in die USA exportiert werden. Diese Pflanzen untersuchen WSL-Forschende regelmässig auf hiesige Schädlinge, die mit den Gewächsen nach Amerika gelangen und dort Probleme machen könnten.

Exoten auf Wanderschaft

Zwar sind Pflanzenhändler dazu verpflichtet, zu garantieren, dass ihre Pflanzen gesund sind. Aber auch gesunde Pflanzen können Probleme verursachen, wenn sie zum Beispiel über den Gartenzaun entweichen. Am WSL-Standort Cadenazzo im Tessin untersuchen Forschende deshalb die Chinesische Hanfpalme, fälschlicherweise «Tessiner Palme» genannt, den Götterbaum und den Blauglockenbaum. Alle drei haben sich grossflächig in den dortigen Wäldern ausgebreitet.

Da diese Exoten schneller wachsen und weniger vom Wild gefressen werden als heimische Baumarten, nehmen sie oft überhand. Das kann erwünschte Funktionen von Wäldern wie den Schutz vor Naturgefahren beeinträchtigen. Hanfpalmen etwa befestigen mit ihren dünnen Wurzeln steile Hänge schlechter als heimische Bäume. Dadurch steigt die Gefahr, dass Hänge abrutschen. Dies wiesen WSL-Forschende im Rahmen des Pilotprogramms «Anpassung an den Klimawandel» des Bundes nach.

Mit dem Klimawandel wird sich das Problem mit den oft wärmeliebenden Exoten zuspitzen. Daher entwickelt die WSL gemeinsam mit Behörden und Forstleuten Strategien, wie man mit den unerwünschten Eindringlingen umgehen oder sie wenn möglich wieder loswerden kann. «Unser Ziel ist es, realistische Lösungen für die jeweilige Region anzubieten», sagt WSL-Forscher Eric Gehring.

(bki)

STADT UND LAND **Eine sehr diffuse Grenze. Kann man Stadt und Land voneinander trennen? Aufteilen, was das eine und was das andere ist? Ja, sagt WSL-Forscher Marco Pütz. Und erklärt, warum das Bild vom Stadt-Land-Graben trotzdem falsch ist.**

Marco Pütz, wo ist der Stadt-Land-Graben?

Früher zog er sich als Stadtgraben direkt vor der Stadtmauer um die Städte herum. Heute sieht man ihn als Linie, als Grenze, am ehesten bei Abstimmungen. Da gibt es oft das Phänomen, dass Städte wie Zürich, Lausanne oder St. Gallen anders abstimmen als der Rest des Kantons. Weil die Resultate nach Gemeinden auf der Karte eingetragen werden, hat es dort dann zwangsläufig harte Grenzen zwischen Stadt und Umland. In Wirklichkeit gibt es diese Trennlinie nicht. Da ist die Grenze zwischen Stadt und Land diffus, eine Fläche, durchzogen von Verbindungen. Das Bild vom Stadt-Land-Graben ist nur das – ein Bild. Real existiert der Graben nicht.

Was bedeutet das? Kann man nicht sagen: Das ist Stadt, das ist Land?

Doch, wir machen das ja andauernd. In unserer Alltagssprache etwa oder den Medien. Es hilft beim Sprechen über Orte und ihre Eigenschaften. Zu sagen «Ich wohne in der Stadt» und «Ich wohne auf dem Land» übermittelt mehr Informationen als «Ich wohne in Gemeinde X». Was aber manchmal verloren geht, ist das Bewusstsein für die Unschärfe dieser Einteilung. Denn was wir als Stadt und Land bezeichnen, hängt auch mit der Vergangenheit

zusammen, etwa damit, ob ein Ort in der Geschichte einmal Stadtrechte erhalten hat. Zudem mit seinem Eigenverständnis und dem Verständnis jener, die von aussen auf ihn schauen. Albisrieden etwa ist seit bald hundert Jahren ein Stadtteil von Zürich. Trotzdem fahren die Leute von dort mit dem Tram «in die Stadt», es gibt einen Dorfkern mit Kirchplatz, eine jährliche Viehschau und ein Gemeinschaftsgefühl wie in einem Dorf. Und schon ist es nicht mehr so einfach, Grenzen zu ziehen.

Aber wir ziehen sie ja trotzdem.

Ja, weil man sie braucht. Um Fördergebiete und Infrastruktur, etwa Spitäler, zu planen und im Land gerecht zu verteilen, unterscheiden wir städtisch und ländlich im Sinne von zentral und weniger zentral. Wenn wir Strukturprobleme im ländlichen Raum beheben wollen, müssen wir den abgrenzen: Du gehörst dazu, du nicht.

Und wie grenzt man ab?

Dafür existieren verschiedene Methoden. Eine ist, dass man sich Gedanken macht, was Stadt und Land ausmacht. Beispielsweise, dass das Ländliche durch Landwirtschaft geprägt ist. Das lässt sich über Arbeitsplätze im primären Sektor messen, also der Land- und Forstwirtschaft. Davon gibt es in ländlichen



Marco Pütz ist Wirtschaftsgeograf und Leiter der Gruppe Regionalökonomie und -entwicklung.



Wie gut ein Ort an den öffentlichen Verkehr angeschlossen ist, gibt klare Hinweise, ob er eher zur Stadt oder zum Land gehört. Im Bild der Julierpass, Surses.

Gemeinden mehr als in städtischen. Ein anderes Merkmal ist der Anschluss an den öffentlichen Nahverkehr. Die Zürcher Hardbrücke, wo im Minutentakt S-Bahnen ankommen, ist eindeutig urbaner als ein Ort, an dem zehnmal am Tag ein

Postauto vorbeikommt. Mit solchen Indikatoren arbeitet das Bundesamt für Statistik BFS bei seiner Gemeindetypologie. Sie unterscheidet 25 Gemeindetypen, die von «Kernstadt einer grossen Agglomeration» bis zur «ländlich peripheren Mischge-

**«Das Bild vom Stadt-Land-Graben ist nur das – ein Bild.
Real existiert der Graben nicht.»**

meinde» reichen. Von ersteren gibt es in der Schweiz fünf: Zürich, Basel, Genf, Lausanne und Bern. Beispiele für letzteres sind Gemeinden wie Albula/Alvra im Kanton Graubünden oder Guttannen im Kanton Bern. Die Typologie des BFS kennt übrigens auch «intermediäre» Gemeinden, mit einer Mischung aus städtischen und ländlichen Merkmalen. Birmensdorf ist so ein Beispiel.

Sie haben erwähnt, dass es mehrere Arten gibt, aufzuteilen.

Man kann sich alternativ stärker auf Strukturen der Bodenbedeckung und Flächennutzung beziehen. Das macht die Landschaftstypologie der Schweiz, die das BFS und die Bundesämter für Raumentwicklung und Umwelt gemeinsam erarbeitet haben. Sie unterscheidet 38 Landschaftstypen. Das Wort «ländlich» als Bezeichnung benützt sie nicht. Aber sie kennt die «Siedlungslandschaft» um grosse Städte herum und die «Stadtlandschaft». Und dann gibt es noch die Arealstatistik, die ebenfalls am BFS angesiedelt ist. Sie arbeitet ohne Gemeindedaten und erhebt aus Luftbildern, was den Boden bedeckt: Gewässer, Gebäude, Strassen, Wald, Acker oder Felsen. Sie generalisiert und unterscheidet vier Haupttypen: die unproduktive Fläche,

Wald, Landwirtschaft und Siedlung. Innerhalb dieser Flächen differenziert sie dann weiter. In der Siedlungsfläche unter anderem zwischen Verkehrsflächen, dem Gebäudeareal, zu dem Industrie, Gewerbe und Wohnen gehören, oder Erholungs- und Grünanlagen. All das ist Siedlung.

Warum braucht es so viele Systeme?

Sie dienen verschiedenen Zwecken und haben jeweils eigene Vor- und Nachteile. Die Gemeindetypologie bezieht stärker den Menschen ein. Die Arealstatistik macht das nur indirekt, indem sie etwa von Gebäuden spricht. Will man Umweltveränderungen erforschen oder beobachten, wie sich Städte und Regionen entwickeln, ist die Arealstatistik attraktiv, weil sie zeigt, wie sich der Raum oder die Landschaft verändern. Die Gemeindetypologie wiederum erlaubt, Aussagen über Wirtschaft und Gesellschaft zu machen. An der WSL werden diese Typologien und Daten viel genutzt, etwa für die Modellierung von Landschaftsveränderungen oder zur Analyse der Raumentwicklung. *(kus)*

Valentin Moser, Birmensdorf

«Im Naturschutzgebiet Sporn in Allschwil gibt es viele verschiedene Lebensräume, man findet zahlreiche Arten auf kleinstem Raum. Ich bin immer gerne hier, wo ich gelernt habe, Insekten, Amphibien und Vögel zu bestimmen.»



DER BIBER ALS ÖKOSYSTEMINGENIEUR

Biber verändern ihr Ökosystem: Wo sie Bäume fällen und Dämme bauen, können andere Tiere von Licht, Totholz und gestautem Wasser profitieren, zum Beispiel Insekten, Fledermäuse oder auch Fische. In seiner Doktorarbeit untersucht Valentin

Moser im Rahmen eines Projekts der Forschungsinitiative «Blue-Green Biodiversity» von WSL und Eawag, wie sich die Zusammensetzung und Beziehungen der Arten ändern, wenn Biber werken. «Meine Artenkenntnisse kommen mir dabei zugute.» (mlg)



Die Kunstinstallation «Atmospheric Forest» (2020) visualisiert den Duftstoff-Ausstoss von Föhren im Pfywald.

Wer gerne durch Nadelwälder spaziert, kennt ihren typischen, harzigen Duft. Die dafür verantwortlichen Substanzen sind manchmal sogar als ein über den Bäumen wabernder Dunst von blossen Auge sichtbar. Sie sind jedoch weit mehr als ein Genuss für die Sinne: Was hier riecht, ist für die Bäume, die Waldgemeinschaft und sogar für das Klima bedeutsam.

Es sind sehr flüchtige Stoffe, sie verdampfen also leicht. «Flüchtige Substanzen haben viele Wirkungen», sagt der WSL-Waldökologe Arthur Gessler. Als ätherische Öle in den Blättern schützen sie die Zellwände vor Hitze und Trockenheit und vertreiben Fressfeinde. Verletzen knabbernde Insekten Blätter und Rinde, werden sie freigesetzt. Benachbarte Bäume können sie dann als Frühwarnsystem für Schädlinge nutzen.

Die Bäume investieren wertvolle Ressourcen in die Herstellung dieser

Schutz- und Abwehrstoffe. Deshalb produzieren sie nur so viel davon wie nötig. Doch was, wenn Ressourcen knapp sind, weil die Bäume durch Hitze und Trockenheit gestresst sind? Um das herauszufinden, hat die finnische Ökologin Kaisa Rissanen zusammen mit Forschenden der WSL im sehr heissen Sommer 2018 von sechs Föhren im Pfywald im Wallis, einem Forschungswald der WSL, die flüchtigen organischen Substanzen bestimmt. Bei Blättern wurde dies bereits in früheren Studien gemacht. Dieses Experiment ist eines der ersten, in dem die von Baumstämmen abgegebenen flüchtigen Stoffe eingefangen wurden.

Wehrhaft gegen Schädlinge

Die grosse Menge an Duftstoffen, die aus den Baumstämmen austrat, verblüffte die Forschenden. «Die Gröszenordnung entspricht in etwa dem,



ten. «Unsere Studie ist ein wichtiges Puzzleteil, um zu verstehen, wie sich häufigere Trockenphasen auf die Waldbäume auswirken», erklärt Gessler: Die Föhren stecken quasi ihre letzten Kräfte in die Abwehr von Insekten, die in vielen Fällen der entscheidende Faktor für den Tod von geschwächten Bäumen sind.

Die neuen Resultate sind jedoch nicht nur in Bezug auf die Waldgesundheit interessant. Die aus den Stämmen und Blättern der Bäume austretenden Substanzen sind äusserst reaktiv, mit positiven wie auch negativen Effekten: So fördern sie in der oberen Atmosphäre die Ozonbildung oder können die Lebenszeit des starken Treibhausgases Methan verlängern. Die Partikel regen aber auch die Wolkenbildung an. «Sie können dadurch das lokale Klima beeinflussen, es zum Beispiel abkühlen», sagt der WSL-Chemiker Ugo Molteni. Im Pfywald ist dieser Effekt zwar höchstens kleinräumig wirksam, aber in riesigen Nadelwäldern beispielsweise im hohen Norden sei er auf regionaler Skala relevant, sagt Molteni. Er plant ein Projekt, mit dem er diese klimatischen Effekte untersuchen will.

Der Atem des Waldes hat sogar die Kunst inspiriert: Um die Duftlandschaft des Pfywalds zu visualisieren, hat das Künstlerduo Rasa Smite und Raitis Smits mit Hilfe der Schweizer Forschenden die Virtuelle-Realität-Installation «Atmospheric Forest» (2020) kreiert. Dort perlen in einem dreidimensionalen Pfywaldmodell die unsichtbaren Gase als gelbe Kügelchen aus Baumstämmen, begleitet von atmosphärischen Geräuschmustern. Die Video-Animation macht den Trockenstress von Föhren sicht- und hörbar. *(bki)*

vimeo.com/415663071

was über die Blätter entweicht», sagt Gessler. «Wir hatten aber erwartet, dass es deutlich weniger ist.» Der grösste Teil der Substanzen waren Monoterpene, Bestandteile von Harz, das unter anderem pflanzenfressende Insekten fernhält. Mit zunehmender Trockenheit sank zwar insgesamt der Ausstoss an flüchtigen Substanzen und damit wahrscheinlich auch die Fähigkeit der Bäume, sich zu verteidigen. «Aber die gestressten Bäume scheinen im Vergleich zu solchen mit genügend Wasser verhältnismässig mehr Energie in die Abwehr von Fressfeinden zu stecken.»

Während des Versuchs gab es immer wieder Phasen, in denen die Bäume besonders viele Monoterpene abgaben. Die Forschenden vermuten, dass dies jeweils Reaktionen auf Insektenbefall etwa durch Borkenkäfer waren - auch wenn sie keine fressenden Insekten direkt beobachtet hat-

Auch viel besuchte Wälder werden bewirtschaftet – um Holz zu gewinnen, die Sicherheit oder die Biodiversität zu erhöhen. Grössere Holzschläge wecken jedoch oft den Unmut der Waldbesuchenden. Johanna Trummer von der WSL-Gruppe Sozialwissenschaftliche Landschaftsforschung



Erholungssuchende schätzen es nicht, wenn sich «ihr» Wald stark verändert.

hat die Reaktion von Waldbesuchenden auf verschiedene Bewirtschaftungsformen untersucht.

Sie liess mehr als zweihundert Erholungssuchende im Waldlabor auf dem Höniggerberg bei Zürich auf Tablets eine Umfrage ausfüllen. Diese bewerteten, wie gut ihnen unterschiedlich bewirtschaftete Waldstücke vor Ort gefielen. Das von der WSL mitgegründete Waldlabor ist eine Demonstrations- und Forschungsfläche für Waldbau, die auf

einer Fläche von 150 Hektaren diverse Bewirtschaftungsformen aufzeigt.

Das Ergebnis: Lückenlose Wälder mit älteren, hohen Bäumen schnitten am besten ab. Dem entspricht der Dauerwald, in dem nur Einzelbäume geschlagen werden, sowie Nadelwald mit gleichaltrigen Bäumen. Unbeliebt dagegen war frisch geschlagener Mittelwald, eine aus dem Mittelalter stammende Bewirtschaftungsform. Bei dieser werden jüngere Bäume alle zwanzig bis dreissig Jahre für Feuerholz gefällt. Grosse Einzelbäume wie Eichen bleiben bis zu hundert Jahre stehen, um dann als Bauholz zu dienen. Da in diesen lichten Wäldern viele seltene Waldtiere und -pflanzen gedeihen, sind sie aus Sicht des Naturschutzes wertvoll.

Die Forscherinnen folgern aus ihren Resultaten, dass die Befragten vor allem grosse Eingriffe in den Wald ablehnen. «Alles, was das Waldbild stark verändert, wird schlecht akzeptiert», sagt Projektleiterin Tessa Hegetschweiler. Es erzeuge negative Gefühle, da sich die Erholungssuchenden stark mit «ihrem» Wald identifizierten. Die Infotafeln im Waldlabor, die über den Mittelwald informieren, genügen offenbar nicht, um das zu ändern. Die Forscherinnen hoffen, dass die Akzeptanz steigt, wenn die Forstleute Holzschläge frühzeitig ankündigen und deren Gründe erklären. *(bki)*

wsl.ch/bewirtschaftungsformen

LANDSCHAFT Wie hoch ist das Risiko, dass ein Weinberg im Tessin aufgegeben wird? Eine neue Methode hilft bei der Einschätzung

Auf über Tausend Hektaren wächst im Tessin Wein. Noch: In den letzten dreissig Jahren ist die Rebfläche um fast vierzig Prozent zurückgegangen, wie Forschende des WSL-Standorts Cadenazzo herausfanden. Besonders betroffen sind traditionelle Weinberge: Steile, häufig mit Trockenmauern terrassierte und an den Wald angrenzende Parzellen, auf denen die Reben an Pergolen ranken und die gerade wegen dieser charakteristischen Elemente oft auch ökologisch wertvoll sind.

Warum verschwinden gerade sie? «Der Druck auf dem Weinmarkt steigt. Lassen sich Flächen nicht maschinell bearbeiten, lohnen sie schnell nicht mehr, und in den Bauzonen von Siedlungen bringen Weinberge als Bauland oft mehr Geld», erklärt WSL-Forscher Marco Conedera. Er hat das Projekt geleitet, in dem die Forschenden nicht nur die Verluste kartiert, sondern im Auftrag des Kantons Tessin auch eine Methode entwickelt haben, den Bewirtschaftungsaufwand und den landschaftlich-kulturellen und ökologischen Wert von Rebflächen objektiv zu beurteilen.

Sie bewertet einerseits die Erschliessung einer Rebfläche durch Strassen, ihre Neigung und Nähe zum Wald nach einem Punktesystem und ordnet die Fläche je nach erreichter Punktezahl einer von fünf Kategorien zu. Ein terrassierter Rebberg am Waldrand, der schlecht erreichbar ist, von Hand bearbeitet und noch dazu vor hungrigen Hirschen geschützt werden muss, fällt demnach



Noch gibt es Weinberge im Tessin, an denen die Reben an traditionellen Pergolen gezogen werden.

in die schwierigste Kategorie: Seine Bearbeitung erfordert «heldenhafte» Einsatz – und das Risiko, dass er in den nächsten dreissig Jahren aufgegeben wird, liegt bei über 65 Prozent.

Andererseits verteilt sie Punkte für Trockenmauern, Pergolen oder Obstbäume und erfasst so den landschaftlichen und ökologischen Wert einer Fläche. «Unsere Methode ermöglicht, einen Weinberg umfassend und objektiv zu beurteilen», sagt Conedera. So können sich Behörden und Entscheidungsträger einen Überblick verschaffen und Flächen identifizieren, deren Erhaltung sie unterstützen wollen. Eine Möglichkeit hierfür wären beispielsweise gezielte finanzielle Hilfen für den Unterhalt besonders schwer zu bearbeitender, landschaftlich oder ökologisch wertvoller Weinberge. *(kus)*

wsl.ch/weinberge

«Wir müssen dichte Städte bauen, die trotzdem Lebensqualität bieten.»

Klimawandel, Energiewende und eine mobilere Gesellschaft verändern unsere Umgebung. Wie die Landschaftsforschung hilft, die damit verbundenen Herausforderungen zu identifizieren und Lösungen zu finden, erklärt Silvia Tobias, Leiterin des Zentrums Landschaft der WSL.

Silvia Tobias, Landschaft ist doch einfach um uns herum. Warum sie erforschen?

Landschaft lässt sich weder vermehren noch verbrauchen. Aber verändern – und dann kann es passieren, dass sie nicht mehr mit den Erwartungen übereinstimmt, die die Menschen an sie haben. Lange war die Ausbreitung der Städte ein Thema. Heute ist unsere Forschung zu Energielandschaften brandaktuell.

Und was sind die Themen der Zukunft?

Neben der Energie ganz sicher der Klimawandel. Er wird unsere Landschaften verändern. Wie wir uns darauf vorbereiten, hat unterschiedlichen Folgen für die Landschaft. In einem Projekt zeigen wir entsprechende Szenarien auf, um die Menschen für dieses Thema zu sensibilisieren. Und wir werden immer mehr zu einer Multi-Kulti-Gesellschaft mit den unterschiedlichsten Ansprüchen an die Landschaft.

Inwiefern kann die Landschaftsforschung hier helfen?

Unsere Siedlungen müssen mehr Menschen aufnehmen und trotzdem Lebensqualität bieten, möglichst über Kulturen hinweg,

und dabei dem Klimawandel trotzen. Denn je enger und höher wir bauen, umso heisser wird es dort im Sommer. Wir brauchen offene Plätze, grüne Lungen, wo man in einem Hitzesommer noch atmen kann. Wir untersuchen, was so einen Grünraum erholsam macht und wie zum Beispiel Strassenlärm das beeinflusst. Oder welche Aspekte von Parks Migranten und Migrantinnen ein Gefühl der Ortsverbundenheit geben.

Gibt es auch neue Arten zu forschen?

Immer besser und wichtiger werden Modellierungen. Sie erlauben, Entwicklungen in virtuellen Landschaften zu demonstrieren und zu untersuchen. Auch «Reallabore» sind innovative Ansätze. In ihnen erarbeiten Forschende vor Ort gemeinsam mit lokalen Akteuren reale Projekte. Die Forschenden stellen Expertenwissen und lernen im Prozess, welche Faktoren den Erfolg von Projekten beeinflussen. Zurzeit entwickelt der ETH-Bereich ein solches Reallabor im Jurapark Aargau, für Projekte zur nachhaltigen Entwicklung. *(kus)*

An der Tagung des Zentrums Landschaft zu «Herausforderungen für die Landschaftsforschung in den kommenden 10 Jahren», auf der dieses Gespräch basiert, sprachen Beate Jessel, Adrienne Grêt-Regamey, Marcel Hunziker, Ulrike Sturm und Evelyn Coleman.



Silvia Tobias ist Kulturingenieurin und leitet das Zentrum Landschaft der WSL.

LANDSCHAFT Die Art der Wiesennutzung aus der Ferne beurteilen: Webcam-Bilder helfen dabei



Mähereignisse erkennt der Computer auf Satellitenbildern gut. Bilder von Webcams wie dieser in Adelboden liefern einen Realitätscheck.

Werden Wiesen und Weiden intensiv genutzt, reduziert dies meist die Biodiversität: Arten, die häufigen Schnitt oder starke Düngung nicht ertragen, verschwinden aus diesen Flächen. Doch Daten zur Intensität der Grünlandnutzung in der Schweiz liegen bislang nur vereinzelt und lokal vor. Dabei würden sie dazu beitragen, Veränderungen der Artenvielfalt zu erklären, die sich in Monitoringprogrammen zum Zustand der Biodiversität zeigen.

Abhilfe können hier Satellitenbilder schaffen. Diese stehen zeitlich und räumlich hochaufgelöst zur Verfügung. Mithilfe eines Algorithmus bestimmt der Computer anhand dieser Bilder, ob und wie oft eine Wiese gemäht oder beweidet wurde und erstellt daraus Karten zur Nutzungsintensität. Doch stimmen diese mit der Realität überein? WSL-Umweltwissenschaftler Dominique Weber und seine Kollegen haben eine einfache Methode gefunden, um dies zu über-

prüfen. «Frei zugängliche Webcams nehmen nicht nur das Wetter auf, sondern auch, was an einem Ort gerade passiert», sagt Weber. Beispielsweise, ob Wiesen gerade gemäht werden oder ob Vieh auf ihnen steht.

Diese Bilder haben die Forschenden mit den vom Computer generierten Karten verglichen. Das Resultat: Mähereignisse erkennt der Computer gut, Beweidung nicht. «Hier brauchen wir weitere Daten zur Feinabstimmung des Algorithmus», erklärt Weber. Danach können die Karten zur Nutzungsintensität etwa bei der Planung der Ökologischen Infrastruktur verwendet werden. Dies ist ein Netzwerk von Flächen, die für die Biodiversität wichtig sind. Dabei sollen extensiv genutzte Wiesen für die Vernetzung von Schutzgebieten eingeplant werden. *(lbo)*



WSL-Biologin Artemis Treindl nimmt für die Rote Liste der Grosspilze Daten auf – auch auf den Wiesen des WSL-Areals in Birmensdorf.

Vorsichtig pflückt Artemis Treindl einen kleinen, weisslichen Pilz vom Boden. «Ein Zitzen-Stielbovist», erklärt die Biologin. «Man erkennt ihn an der warzenförmigen Öffnung auf dem Hut. Aus ihr stösst er seine Sporen aus.» Den Pilz hat Treindl zwischen Moos und Steinen auf dem WSL-Areal in Birmensdorf gefunden.

Auf der Roten Liste der Grosspilze der Schweiz ist der Zitzen-Stielbovist als verletzlich eingestuft. Die Liste aus dem Jahr 2007 wird derzeit im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt überarbeitet. Treindl ist eine der WLS-Forschenden, die an diesem Projekt arbeiten, gemeinsam mit vielen Freiwilligen. Ziel ist es, möglichst viele Informationen zu den rund sechstausend bekannten Grosspilzarten in der Schweiz zu sammeln. «Bei der ersten Roten Liste konnte der Gefährdungsgrad nur für knapp dreitausend Arten bestimmt werden, für die anderen hatte man zu wenig Da-

ten. Das wollen wir verbessern», sagt Treindl.

Die Wiese auf dem WSL-Areal ist eine von 634 Probeflächen, auf denen die Fachleute systematisch nach Pilzen suchen und mit eigens entwickelten Sporenfallen Pilzsporen aus der Luft einfangen. Die Hälfte dieser Flächen wurde bewusst an Orte gelegt, an denen eine hohe Pilzvielfalt zu erwarten ist. Die anderen sind zufällig über Wald und Offenland verteilt. Im ersteren sind sie 100 auf 100 Meter gross, im letzteren 200 auf 200. Rund sechs Stunden dauert es im Schnitt, bis eine Fläche abgesucht ist. «Wir sind froh um die Unterstützung unserer Freiwilligen, ohne sie würden wir das nie schaffen», sagt Treindl.

Den Zitzen-Stielbovist gibt Treindl direkt über eine App auf ihrem Handy ein. Diejenigen Pilze, die sie im Feld nicht bestimmen kann, nimmt sie mit ins Labor. Den Häubling etwa, den sie als nächstes

entdeckt. Sie pflückt ein besonders schönes Exemplar und legt es in eine kleine Plastikbox mit verschiedenen Abteilungen, in denen schon andere Pilze auf ihre Identifizierung im Labor warten.

Mehr Daten dank genetischer Methoden

Im Labor untersucht Treindl den Häubling unter dem Mikroskop. Häublinge haben spezielle Zellen an den Lamellen unter dem Hut, sogenannte Zystiden, anhand derer man sie bestimmen kann. «Dieser hier hat keulenförmige mit einem Köpfchen, das ist ein Entferntblättriger Moos-Häubling.» Die Bestimmung unter dem Mikroskop ist zeitaufwändig. Schneller geht es mit genetischen Analysen: «Mit ihnen können wir viel Material gleichzeitig verarbeiten und bestimmen und dabei noch Referenzsequenzen für viele Arten erzeugen», sagt Treindl. Mit dieser Methode entdeckten die Forschenden bereits über dreissig Arten, die in der Schweiz bislang noch nie nachgewiesen worden waren.

Alle Informationen zu Pilzen und Fundstellen landen in der Datenbank des nationalen Daten- und Informationszentrums SwissFungi, das an der WSL angesiedelt ist. So sind sie öffentlich zugänglich. Die im Labor bestimmten Pilze werden zudem getrocknet und als Belege aufbewahrt.

Die Feldaufnahmen laufen derzeit noch. Danach werden alle Daten analysiert und für die Rote Liste zusammengestellt. Deren Publikation ist für 2025 geplant. Auf der letzten Liste war ein Drittel der Pilze als gefährdet eingestuft. Ob es bei der neuen mehr oder weniger werden, wird sich zeigen. Der Verlust von Lebensraum, zu viel Dünger aus der Landwirtschaft und der Klimawandel sind

einige der Ursachen, wieso Pilze gefährdet sind. Und wie bei Tieren und Pflanzen wandern auch bei ihnen neue Arten in die Schweiz ein, die eine Bedrohung für die einheimische Flora und Fauna darstellen können. «Vieles passiert unsichtbar für uns. Was die tatsächliche Vielfalt der Pilze betrifft, tappt man noch immer weitgehend im Dunkeln», sagt Treindl. Ihre Arbeit hilft mit, die Wissenslücken zu schliessen. (lbo)



Aus der warzenförmigen Öffnung auf dem Hut stösst der Zitzen-Stielbovist (*Tulostoma brumale*) seine Sporen aus.



Wie die meisten Häublinge kann der Entferntblättrige Moos-Häubling (*Galerina clavata*) nur mit dem Mikroskop sicher bestimmt werden.



Ein Teich anstelle eines Parkplatzes an einer Primarschule in Sitten verbessert das Klima vor Ort.

Als Alpenland ist die Schweiz besonders vom Klimawandel betroffen: Die Temperaturen steigen hier stärker als im globalen Mittel. Schmelzender Permafrost und heftigere Unwetter erhöhen das Risiko von Naturgefahren wie Bergstürzen oder Murgängen. Hitzesommer können zu Todesfällen und Ernteaufschlägen führen. Trotzdem klappt eine Lücke zwischen dem, was an konkreter Anpassung passiert und dem, was es bräuchte, um besser auf diese Klimawandelfolgen vorbereitet zu sein, wie der WSL-Sozialwissenschaftler Dominik Braunschweiger feststellt.

Ein Grund: Menschen halten die Anpassung an Klimawandelfolgen nur unter einer Voraussetzung für unbedingt nötig. «Sie müssen sich persönlich vom Klimawandel betroffen fühlen», sagt Braunschweiger. Nur dann sähen sie solche Ereignisse als dessen Folge an und nicht als sporadische Naturphänomene. Dies zeigte sich in den Fallstudien des Forschers.

Strategisch gut verankert

Er hat im Rahmen des WSL-Forschungsprogramms CCAMM untersucht, wie es um die Klimawandelanpassung der Schweiz steht. Strategisch ist sie gut verankert: «Auf Bundesebene strebt ein Aktionsplan an, die Anpassung an den Klimawandel in allen Strategien und Plänen zu berücksichtigen», erklärt Braunschweiger. Das Problem ist die Umsetzung: «Es gibt keine politischen Aufträge für konkrete Massnahmen.» Das macht an sich Sinn: «Genf braucht andere Anpassungen als Grindelwald», sagt der Forscher: «In den Städten ist die Hitze das grösste Problem, während im Gebirge etwa Veränderungen im Naturgefahrenmanagement oder Tourismus dringender sind.»

Konkrete Schritte müssten deshalb die Betroffenen vor Ort bestimmen. Im Pilotprogramm des Bundes «Anpassung an den Klimawandel», das Projekte zur Klimafolgenanpassung finanzierte, funktionierte das. Die Stadt Sitten etwa startete das Projekt «Acclimatisation», in dessen Rahmen unter anderem eine Schule einen Parkplatz in ein Feuchtbiotop umwandelte und das Dach begrünzte. «Das wirkt gegen die Hitze in der

Stadt und sensibilisiert gleichzeitig die Kinder für Klimawandelfolgen», sagt Braunschweiger.

Letzteres ist nicht zu unterschätzen: Die Aufklärung und Sensibilisierung der Bevölkerung ist eine der Stellschrauben, welche Braunschweiger in seinen Untersuchungen identifiziert hat, die die Anpassung beschleunigen könnten. «Wenn man helle Gebäudehüllen wählt, kann das künftige Hitzewellen mildern. Aber es setzt bei den Verantwortlichen das Bewusstsein voraus, dass dies nötig

ist.» Weitere Ansatzpunkte: die Finanzierung und politische Legitimation. «Das hat das erfolgreiche Pilotprojekt gezeigt.» (kus)

wsl.ch/gov-vis-cca

NATURGEFAHREN Gefährliche Gletscherseen im Himalaya: Neue Studie kann helfen, Katastrophen zu vermeiden

Am Morgen des 17. Juni 2013 hörten die Pilgerinnen und Pilger am Kedarnath-Schrein im indischen Kedar-Tal einen lauten Schlag. Wenige Minuten später stürzten Wassermassen auf sie ein, rissen Menschen, Brücken und Gebäude mit sich und zerstörten die acht Kilometer talabwärts gelegene Stadt Rambara. Mindestens 4000 Personen kamen ums Leben. Ursache war der Ausbruch des Gletschersees Chorabari.

Bei solchen Ereignissen bricht ein natürlicher Damm, hinter dem sich ein Schmelzwassersee aufgestaut hat. Dies könnte in den kommenden Jahren häufiger geschehen: Durch den Klimawandel schmelzen die Gletscher und die Zahl der von einem Eisdamm gestauten Seen steigt. Wie viele es werden und wo sie entstehen könnten, hat ein WSL-Team nun für den Himalaya abgeschätzt. Die Ergebnisse können der lokalen Bevölkerung bei der Planung von Schutzmassnahmen helfen. Denn im Gegensatz zur Schweiz werden die Gletscher dort bislang kaum syste-



Die zwei Satellitenaufnahmen zeigen (rot markiert) beispielhaft Gletscherseen hinter Eiswällen. Solche Seen können ausbrechen und tiefer gelegene Ländereien überfluten.

matisch überwacht – ihre Anzahl ist einfach zu gross dafür.

Auf Basis von Oberfläche und Dicke des Eises sowie der Beschaffenheit des Untergrunds hat ein Algorithmus die möglichen Positionen für zukünftige Gletscherseen berechnet – unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien für die künftige Erwärmung der Erde. Das Team um Daniel Farinotti, Glaziologe an der WSL und der ETH Zürich, und seinen ehemaligen Doktoranden Loris Compagno schätzt, dass es um das Jahr 2040 rund 11 700 solcher Seen geben könnte. Das sind rund 2500 mehr als im Jahr 2000. Alle zusammen könnten sie eine Fläche von 340 Quadratkilometern und ein Volumen von 2450 Millionen Kubikmetern Wasser erreichen.

Dammversagen

Die Forschenden konzentrierten sich bei ihrer Arbeit auf Seen, die hinter einem Eisdamm aufgestaut sind. Denn diese sind gefährlicher als ihre Gegenstücke mit Erdwall. «Gletschereis ist zwar in der Lage, Wasser zu stauen, es ist aber kein besonders stabiles Material dafür», erklärt Farinotti: «Dämme, die aus Eis bestehen, können innerhalb kurzer Zeit versagen, und die Wassermassen rauschen

dann ins Tal.» Besonders im Fokus: potenzielle Seen ab einem Volumen von einer Million Kubikmetern. Denn ab dieser Grösse kann es besonders gefährlich werden.

Die Ergebnisse der Studie sind öffentlich zugänglich. Auf dieser Basis können Schutz- und Vorsichtsmassnahmen geplant werden: Beispielsweise kann damit untersucht werden, welche Infrastruktur und Gebäude gefährdet sind. Regelmässige Beobachtung gehört ebenfalls zur Risikokontrolle. «Unsere Studie schätzt ab, wo mögliche Seen entstehen können», sagt Farinotti. Ob sich diese Seen dann tatsächlich bilden, hänge aber stark von den lokalen Gegebenheiten ab. Eine Hilfsorganisation, die auf Grundlage der Daten die Menschen vor Ort unterstützen will, hat bereits Interesse an der Studie angemeldet. *(job)*

A woman with long brown hair, wearing a white long-sleeved shirt and blue jeans, stands in a lush green meadow filled with wildflowers. To her left is a rustic wooden cabin with a dark roof. In the background, there are large, grey, rocky mountains under a clear sky.

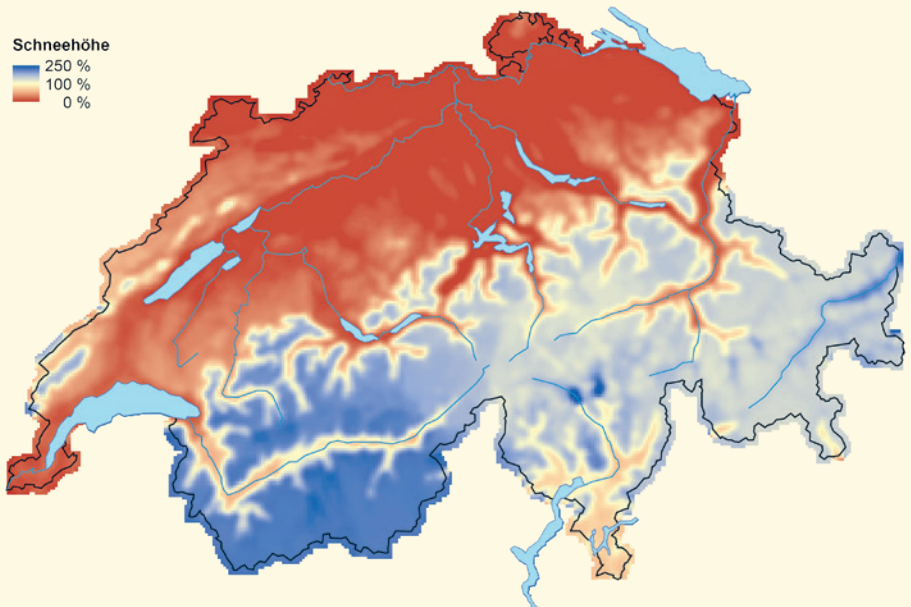
Armanda Pitschi, Davos

«Auf unserem Maiensäss in Partnun bei St. Antönien haben wir keinen Strom und schlechten Handyempfang. Die Ruhe und die Aussicht auf die imposante Bergwelt und die saftigen Wiesen lassen mich den Alltag schnell vergessen. Hier kann ich die Seele baumeln lassen.»

IT-SUPPORT FÜR DAS SLF

Armanda Pitschi arbeitet am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in der Informatik. Sie ist hauptsächlich für den Support zuständig, bestellt Computer und Zubehör und installiert Soft- und Hardware. «Ich mag den direkten Kontakt

mit den Mitarbeitenden und helfe gerne bei technischen Problemen mit dem Computer». Als Mutter von zwei Mädchen im Vorschul- und Schulalter schätzt sie, dass sie Teilzeit und einen halben Tag in der Woche zu Hause arbeiten kann. (sni)



Wintersaison 2017/18: Überdurchschnittlich viel Schnee vom Wallis über das Tessin bis Graubünden (blau markiert), deutlich weniger als sonst in der Nord- und Westschweiz (rot markiert).

Wann ist ein Winter wirklich Winter? Kleine Rückblende: Im 2022/23 startete er schwach. Wenig Schnee in den Bergen, viele Loipen und Pisten öffneten später als geplant oder nur nach massivem Einsatz von Kunstschnee. Aber wie aussergewöhnlich war die Situation in den verschiedenen Regionen tatsächlich?

Diese Frage wird sich ab kommenden Winter mit Spass klären lassen: mit der Spatial Snow Climatology for Switzerland («Räumliche Schneeklimatologie für die Schweiz»), kurz SPASS. Dahinter stecken tausende Karten mit einer Auflösung von einem Kilometer, die zeigen, wie viel Schnee wann und wo lag, Tag für Tag, seit 1961. Entwickelt hat SPASS ein Team um den Schneexperten Christoph Marty vom WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos gemeinsam mit MeteoSchweiz.

Die Karten sind nicht nur für Forschende interessant. «Aus ihnen kann man schliessen, wieviel Wasser

im Sommer in den einzelnen Regionen der Schweiz zur Verfügung stehen wird, wo Hochwasser droht und wo Trockenheit», sagt Rebecca Mott, wissenschaftliche Mitarbeiterin beim operationellen schneehydrologischen Dienst (OSHD) am SLF. Das ist unter anderem für Landwirte hilfreich.

Der OSHD modelliert schweizweit auf Basis von Wetterdaten Schneemengen. Diese Werte sind die Grundlage für SPASS, die Marty's Team für das Endprodukt angepasst hat. Die Wetterdaten liefert MeteoSchweiz. Im Gegenzug erhält das Bundesamt Schneedaten vom SLF und kann so sein Angebot um die neuen SPASS-Karten erweitern.

«Für uns Klimatologen sind diese Daten wichtig, weil wir auf dieser Basis den Winter einordnen können», erklärt der Wissenschaftler. Noch befindet sich das Projekt in der Probezeit, aber bereits im kommenden Winter soll es den regulären Betrieb aufnehmen. *(job)*

SCHNEE UND EIS Permafrost: Mehr als die Hälfte ist schon verschwunden

Der Klimawandel erwärmt die Atmosphäre – und den Boden. Das hat Folgen: Die oberflächennahe Permafrostgrenze ist seit den 1980er-Jahren um rund vierhundert Höhenmeter gestiegen. Und weil Berge nach oben schlanker werden, nimmt die Fläche dieses permanent gefrorenen Bodens umso stärker ab. Drei Fünftel davon sind in den vergangenen vierzig Jahren bereits verschwunden; ein weiteres Fünftel taut derzeit auf. Das zeigt eine neue Studie des WSL-Instituts für Schnee- und Lawinenforschung SLF. Projektleiter Robert Kenner: «Dieser Rückgang ist ähnlich dramatisch wie der Gletscherschwund – nur ist er nicht sichtbar und von den bisher kurzen Messreihen nur teilweise erfasst.» Weil Auftauen den Permafrostboden destabilisieren kann, ist sein Schwinden mehr als ein spannendes Phänomen: Murgänge und Stein Schlag nehmen zu.

Die Lufttemperatur ist entscheidend

Wie aber haben die Forschenden den Rückgang bestimmt, wenn die ältesten Bodentemperatur-Zeitreihen noch keine dreissig Jahre alt sind? Kenner: «Wir wollten Temperaturdaten aus verschiedenen Bohrlöchern miteinander vergleichen. Weil die Höhe über Meer und die Exposition grossen Einfluss auf sie haben, ist das nicht einfach.» Um die Messungen vergleichbar zu machen, modellierten die Forschenden den Zusammenhang zwischen den Lufttemperaturen, der potenziellen Sonneneinstrahlung und den Bodentemperaturen für jeden einzelnen Temperatursensor in den Bohrlöchern. Dank der vereinheit-

lichten Messwerte konnten die Forschenden berechnen, auf welcher Höhe die theoretische, strahlungsunabhängige Nullgradgrenze im Boden liegt.

Dabei zeigte sich, dass sie, was Höhenlage und zeitlichen Verlauf angeht, überraschend genau dem mehrjährigen Mittel der atmosphärischen Nullgradgrenze entspricht. Andere Einflüsse, wie die Schneebedeckung, beeinflussten die Bodentemperaturen nur kurzfristig und in den obersten Schichten. Für den Temperaturverlauf tief im Boden ist hingegen die atmosphärische Nullgradgrenze ein sehr präziser Indikator. Das eröffnet den Forschenden neue Möglichkeiten: «Wir können Jahrzehnte zurückreichende Lufttemperaturmessungen aus Ballonsondierungen verwenden, um die früheren Bodentemperaturen zu rekonstruieren», sagt Kenner – und so auch berechnen, dass der Permafrost schon drei Fünftel seiner Fläche verloren hat. Denn die Erwärmung in hohen Gebirgslagen ist deutlich höher als im Schweizer Mittelwert.

(bio)

A portrait of Gian-Kasper Plattner, a man with glasses wearing a blue striped shirt and grey trousers, standing on a green lawn. To his left is a large bronze statue of a horse on a stone pedestal. In the background, there is a stone balustrade and a cityscape under a clear blue sky.

Gian-Kasper Plattner,
Birmensdorf

«Ich bin in Riehen
aufgewachsen, zwei
Minuten vom Eingang
des Wenkenparks
entfernt. Als Kind habe
ich hier gespielt, als
Jugendlicher dann viele
Feste gefeiert. Jetzt
sind wir regelmässig mit
unseren Kindern und
Freunden hier. Der Park
ist ein Lebensbegleiter.»

STATT FORSCHEN FORSCHUNG KOORDINIEREN

Im Stab der WSL berät und unterstützt Gian-Kasper Plattner die Direktion, etwa bei strategischen Fragen. Der Klimawissenschaftler und Experte des Weltklimarats IPCC vertritt die WSL zudem in Gremien wie dem National Centre for Climate Services

NCCS, leitet das Umweltdatenportal EnviDat und unterrichtet. «Die Vielfalt meiner Aufgaben im wissenschaftlichen Umfeld gefällt mir sehr. Darüber vermisse ich die Arbeit als Forscher selten, zumal ich meine Expertise oft einbringen kann.» (kus)



Heiss brennt die Sonne vom Himmel: In der kommenden Ausgabe des DIAGONAL-Magazins dreht sich alles um Hitze. Wie sie das Leben von Menschen, Tieren und Pflanzen beeinflusst und wie sie sich auf unsere Umgebung auswirkt. Welche Gefahren von immer mehr Hitzetagen im Jahr ausgehen – und welche Chancen sie bieten. Auch bei den WSL- und SLF-Forschenden geht es immer wieder heiss her, wenn sie an brandheissen Fragen arbeiten – auch wenn sich das nicht immer in Grad Celsius ausdrücken lässt.

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:
Jochen Bettzieche (job), Lisa Bose (lbo), Majken Grimm (mlg), Beate Kittl (bki), Stephanie Kusma (kus), Birgit Ottmer (bio), Sara Niedermann (sni)

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:
4700, zweimal jährlich

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

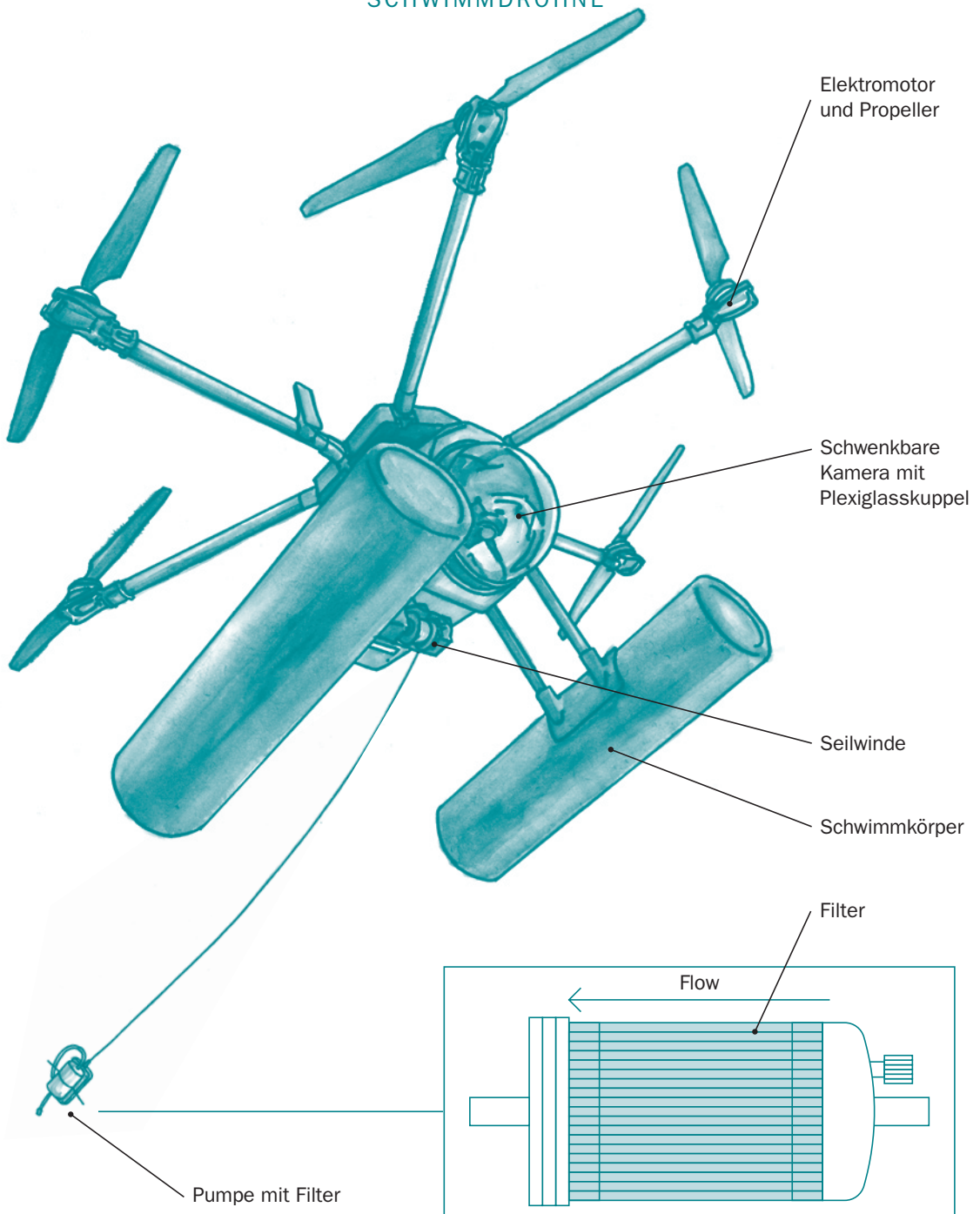
Zitierung:
Eidg. Forschungsanstalt WSL, 2023:
WSL-Magazin Diagonal, 1/23.
36 S., ISSN 2296-3561

PERSONEN



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

SCHWIMMDROHNE



Erbgut in einer Wasserprobe kann verraten, was in einem Gewässer lebt. Aber was, wenn ein See unzugänglich ist oder kein Boot zur Verfügung steht, um Proben zu sammeln? Forschenden der WSL und der ETH Zürich hilft dann eine eigens entwickelte Drohne. Sie kann auf dem Gewässer schwimmend oder im Flug eine Pumpe mit Filter an einem Seil ins Wasser herablassen. So lassen sich grössere Mengen Wasser vor Ort filtern. Dabei sammelt sich das Erbgut, das Organismen dort hinterlassen haben, im Filter an. Dieses vervielfältigen und entschlüsseln die Forschenden im Labor. Über Vergleiche mit bereits bekannten Erbgutsequenzen bestimmen sie dann, von welchen Arten das Erbgut stammt. (*kus*)

Video auf:
www.wsl.ch/ding





Ökosysteme: Wenn Grenzen verschwimmen, S. 2



Pilze suchen für die Forschung: Fruchtkörper des Schopftintlings, S. 26

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.

