

WSL-MAGAZIN

# DIAGONAL

SCHWERPUNKT

# Kein Mittelmass: Warum wir Extreme erforschen

Nr. 2  

---

20

**Klimawandel:** Wie schnell breiten sich Bäume aus? S. 23

**Nächtliches Licht:** Naturschutzgebiete brauchen Pufferzonen, S. 28

**Dachlawinen:** Gefahr von oben vermeiden, S. 32

## EDITORIAL

Liebe Leserin, lieber Leser

Im August ist unser Direktor Koni Steffen bei einem Unfall während seiner Forschungsarbeit in Grönland ums Leben gekommen. Das hat uns alle tief getroffen. Kurz nach Konis Tod erschien ein wissenschaftlicher Aufsatz «Methods for predicting the likelihood of safe fieldwork conditions in harsh environments», an dem er mitgearbeitet hat. Darin steht über Grönland: «In dieser Region kann extremes Wetter sogar zum Tod führen.» Ja, Extremereignisse und extreme Umwelten zu erforschen, ist mit Gefahren verbunden. Dessen sind sich die Forscherinnen und Forscher bewusst; und wir versuchen, mit Sicherheitskonzepten die Risiken so gering wie möglich zu halten. Aber absolute Sicherheit gibt es leider nicht. Trotzdem oder gerade deswegen ist unsere Forschung zu Extremen wichtig. Denn sie hilft, Extremereignisse besser zu verstehen und damit auch zu meistern. Deshalb werden wir am Thema dranbleiben. So starteten wir ein Forschungsprogramm «Extreme», und an unserem Standort in Davos entsteht ab 2021 ein Forschungszentrum für Klimawandel, Extremereignisse und Naturgefahren.



Christoph Hegg  
Acting Director WSL



# Extreme



## DAS UNDENKBARE DENKEN

Extreme Ereignisse sind selten, haben für den Menschen aber möglicherweise gravierende Folgen. Doch was ist eigentlich «extrem»?

→ **4**

## KERNTHEMEN

- 22** WALD
- 25** BIODIVERSITÄT
- 28** LANDSCHAFT
- 30** NATURGEFAHREN
- 32** SCHNEE UND EIS



## LEBEN MIT DER BEDROHUNG

Verheerende Bergstürze kommen auch in der Schweiz vor. Dank Forschung, Überwachung und Warnung sind die Menschen heute besser geschützt – ein Restrisiko bleibt.

→ **10**



## MANCHE MÖGEN'S EXTREM

Schnell, langlebig oder zäh: Diverse Strategien helfen Pflanzen, auch unwirtliche Lebensräume zu besiedeln.

→ **14**



## TROCKENHEIT

So trocken wie 2018 war es schon lange nicht mehr in der Schweiz – mit Folgen für den Wald.

→ **18**

## PORTRÄTS

- 21** Käthi Liechti, Geografin
- 27** Gabor Reiss, Leiter Versuchsgarten
- 34** Carolin Willibald, Physikerin
- 35** IMPRESSUM, AUSBLICK
- 36** DAS DING: Lupe und Schneeraster

# Nachruf auf Prof. Konrad Steffen, Direktor der WSL

2. Januar 1952 bis 8. August 2020



Bild: Reinhard Lässig, WSL

Koni, wie er von seinen Freunden genannt wurde, war ein Weltbürger: Er fühlte sich wohl im Bauernhaus in Hausen am Albis im Kreise seiner Familie wie auch auf Gletschern in Chile, in Grönland in «seinem» Swiss Camp und in der Antarktis. Schnee und Eis waren die verbindenden Elemente und der Kern seiner Forschung seit seiner Diplomarbeit in Zürich und danach in den USA, wo er von 1991 bis 2012 als Professor an der University of Colorado wirkte.

2012 wurde Konrad Steffen vom Bundesrat zum Direktor der WSL gewählt. Seine Fähigkeit zu begeistern und sein immenses Netzwerk setzte er ein, um die WSL konsequent als international anerkannte Forschungsinstitution weiterzuentwickeln. Er hat die Schnittstellen zwischen Wald, Biodiversität, Landschaft, Schnee und Eis und Naturgefahren gestärkt. Sein Anliegen war das Systemverständnis, vor allem im Hinblick auf die Auswirkungen der Übernutzung der Natur durch den Menschen und des fortschreitenden Klimawandels.

Die Arbeit in extremen Umgebungen hat Koni geprägt. Er war ein Motivator und Optimist mit einer grossen Ausstrahlung. Seine Lösungen waren immer pragmatisch und gelenkt von einer grossen Menschlichkeit. Das machte ihn zu einem respektierten Direktor von Forschungsinstitutionen, einem überzeugenden Wissenschaftler bei Anhörungen vor dem US-Kongress und in internationalen Organisationen und zu einem inspirierenden Camp Leader in Grönland. Aber vor allem war Koni Steffen ein grosszügiger Kollege, der immer das grössere Ganze in Wissenschaft und Forschung vor Augen hatte und sich dafür engagierte.


Im Sommer der letzten Jahre verwandelte sich die Umgebung des Swiss Camps in Grönland zu einer Seenplatte, wo reissende Schmelzbäche in sogenannte «Moulins» stürzen und in der Tiefe des Eisschildes verschwinden. Mit Espresso und Schokolade hat Konrad Steffen seine Gäste jeweils im Zelt gestärkt und dabei immer wieder die wissenschaftlichen Fakten des Klimawandels vermittelt. Wer nach einigen Stunden von der Plattform herunterstieg, hatte verstanden, was das Abschmelzen beim Swiss Camp für Grönland und die ganze Welt bedeutet. So wurde jeder Besucher zu einem Botschafter für den Klimaschutz.

Diesen dahinschmelzenden und löchrig werdenden Eispanzer hat Koni nun nicht mehr verlassen. Wir trauern um einen hervorragenden Forscher, einen internationalen Wissenschaftsbotschafter, einen visionären Direktor, grosszügigen Kollegen und guten Freund.

*Prof. Thomas Stocker, Universität Bern*

EXTREME Extreme Ereignisse sind selten, haben für den Menschen aber möglicherweise gravierende Folgen. Zwei WSL-Forscher diskutieren, was «extrem» eigentlich bedeutet und weshalb es wichtig ist, das Udenkbare zu denken.

# Jenseits des Erfahrungshorizonts



Im Winter 1999 gingen vielerorts in den Alpen extrem grosse Lawinen nieder, die viel Zerstörung anrichteten und Todesopfer forderten. Beim Lawinnenniedergang vom 23.2.1999 starben im österreichischen Galtür 31 Menschen.



Katastrophale Lawineneignisse – so tragisch sie sind – haben letztlich zu mehr Sicherheit geführt. So wurde nach 1999 der integrale Lawinenschutz verbessert und ausgebaut, also die Kombination von baulichen mit planerischen und organisatorischen Massnahmen. An der Weiterentwicklung war auch das SLF beteiligt.

Galtür (A).

Extreme Naturereignisse treten in der Schweiz immer wieder auf, etwa das Hochwasser im Jahr 2005, das Schäden in Höhe von rund drei Milliarden Franken anrichtete. Oder der Bergsturz am Pizzo Cengalo 2017, bei dem acht Wanderer starben und Murgänge Teile des Dorfes Bondo zerstörten (s. auch S. 10). Aber auch der extrem trockene Sommer 2018, als Bäume vorzeitig ihr Laub verfärbten.

### Wann nehmen wir ein Ereignis als extrem wahr?

**MB:** «Extrem ist, was den eigenen Erfahrungshorizont übersteigt. So ist für Unsportliche ein Halbmarathon extrem, für Sportliche ein Zweihundert-Kilometer-Berglauf. Auch bei Naturereignissen ist die Wahrnehmung subjektiv. Wenn ein Betroffener wegen eines kleinen Ereignisses vor dem Nichts steht, ist das extremer, als wenn er bei einer grossen Katastrophe dank einer Versicherung nicht existenziell bedroht ist.»

**MP:** «Die Folgen für den Menschen sind ein ganz wichtiger Faktor. Wirtschaftlich sind Erdbeben und Wirbelstürme am schlimmsten, wegen ihrer grossen Reichweite. Und Ereignisse in reichen Ländern, weil dort viel wertvolle Infrastruktur zerstört werden kann.»

### Und aus wissenschaftlicher Perspektive?

**MP:** «Extreme sind aussergewöhnlich. Es geht um Punkte – oder Ereignisse –, die weit vom Durchschnitt entfernt liegen.»

**MB:** «Es kommt auch auf den Rahmen an: Etwas, das lokal extrem ist, ist im grösseren Rahmen betrachtet oft normal.»

So ist es für Anwohnerinnen und Anwohner extrem, wenn ein Wildbach ihre Keller mit Schlamm füllt – weil er durchschnittlich nur einmal in hundert Jahren so stark über die Ufer tritt. Schweizweit betrachtet ist ein solches Ereignis jedoch nicht aussergewöhnlich: Da es hierzulande etwa zweitausend Wildbäche gibt, tritt statistisch gesehen ein solches hundertjährliches Hochwasser rund zwanzigmal pro Jahr auf. Diese statistische Häufigkeit ist ein zentraler Gedanke für den Umgang mit Extremereignissen, insbesondere, wenn es um Investitionen in Schutzmassnahmen geht. Sie hilft, für jeden ausgegebenen Franken maximalen zusätzlichen Schutz zu gewinnen. Denn wenn irgendwo etwas passiert ist, hat man spontan das Bedürfnis, genau dort Massnahmen zu treffen – das ist nicht unbedingt effizient.

Um aber das Ausmass eines hundertjährlichen Hochwassers oder einer dreihundertjährlichen Lawine abzuschätzen, braucht es gute Daten und Berechnungen: Computermodellierungen, die mit vergangenen Ereignissen kalibriert werden. Je stärker allerdings die Ereignisse, die man simulieren möchte, das bisher Beobachtete übertreffen, desto grösser wird die Unschärfe beim Ergebnis. Bei einigen Ereignisarten kann es zudem zu einem Umkippen des Systems kommen, welches mit Modellen kaum vorherzusagen ist. Sinnbildlich gesprochen wird dann das Licht nicht weiter gedimmt, sondern ausgeknipst. Wo dieser Punkt liegt und was danach passiert – das ist oft unbekannt. So führt ein einzelner trockener Sommer zu vermindertem Baumwachstum. Mehrere trockene Jahre in Folge bringen die Bäume aber möglicherweise zum Absterben (s. auch S. 18).

### Wenn die Erfahrung fehlt

Manchmal nimmt sich die WSL auch äusserst seltener Ereignisse an, die zwar möglich sind, aber wahrscheinlich nie eintreten. Zum Beispiel, wenn der Schaden immens gross sein könnte, wie bei einem Hochwasser in Rhein oder Aare, das sich statistisch nur einmal in zehntausend Jahren ereignet. An diesen Flüssen stehen mehrere Kernkraftwerke. Damit sie, wie gesetzlich vorgeschrieben, einem solchen Ereignis trotzen könnten, müssen die Betreiber wissen, welche Wassermassen drohen.

### Kann man ein solches Ereignis zuverlässig berechnen, wenn doch die Erfahrungswerte fehlen?

**MB:** «Ja. Wir können die physikalischen Prozesse in der Atmosphäre und im Gewässer mit dem Computer modellieren. So bekommen wir eine Vorstellung von Szenarien, die noch nie aufgetreten, aber möglich sind.»

**MP:** «Szenarien sind wichtig, damit wir uns vorbereiten können. Das Denken des bisher Ungedachten und Undenkbaren ist der erste Schritt zur Bewältigung.»

### Braucht es ein plötzliches Ereignis, um von Extremen zu sprechen?

**MP:** «Nein, auch ein schleichender Prozess kann ein bisher unbekanntes Ausmass annehmen und ausserhalb des Erfahrungshorizontes liegen. Zum Beispiel der Verlust der Artenvielfalt oder die Zersiedelung im Mittelland, die noch nie so ausgeprägt war wie heute. Auch das ist extrem.»



Michael Bründl ist Geograf und leitet die Forschungsgruppe Lawinendynamik und Risikomanagement sowie das WSL Forschungsprogramm CCAMM.



Marco Pütz ist Wirtschaftsgeograf und leitet die WSL-Forschungsgruppe Regionalökonomie und -entwicklung.






Extrem für die Betroffenen: Heftige Niederschläge haben am 29. August 2020 in Bissone (TI) einen Murgang ausgelöst, Schlamm und Geröll haben Häuser beschädigt.

**MB:** «Ich sehe in vielen Fällen einen Zusammenhang mit Wetterereignissen. Die Einzelereignisse müssen gar nicht so ausserordentlich sein. Eine unglückliche Kombination reicht manchmal, um extreme Schäden zu verursachen.»

**MP:** «Oder wenn menschliches Handeln ins Spiel kommt, wie zum Beispiel beim Waldbrand von Leuk 2003, der von einem Brandstifter gelegt wurde. Hier war die Kombination von Hitzesommer und Mensch fatal.»


**MB:** «Die Wahrnehmung, was ein Extremereignis ist, ändert – weil es mit dem Klimawandel zum Beispiel häufiger lange Trockenheitsphasen oder heftigere Starkniederschläge geben wird. Was wir heute bezüglich Wetter und Klima noch als extrem wahrnehmen, kann in einigen Jahrzehnten normal sein.»

Die Erforschung der heutigen Extreme hilft daher, einen tauglichen Umgang mit der zukünftigen Normalität zu finden. Zweifelsohne ein gewichtiger Grund für die Wissenschaft, sich solcher aussergewöhnlicher Ereignisse ausserhalb des Erfahrungshorizontes anzunehmen. *(bio)*



In der Regel gibt der Umfang des Stammes nur sehr ungenau Auskunft über das Alter des Baumes. Eine Kastanie mit einem Umfang von acht Metern kann beispielsweise zwischen 300 und 700 Jahre alt sein.

Auf stattliche 8,62 Meter Umfang kommt diese Kastanie. Sie ist zusammen mit über 310 anderen Bäumen im Inventar der Riesenkastanien aufgeführt, das WSL-Geograf Patrik Krebs für den Kanton Tessin und das Misox (GR) zusammengestellt hat. Alle Baumindividuen mit einem Umfang von mehr als sieben Metern auf Brusthöhe sind im Detail und mit Fotos beschrieben.



Jeder Baum hat seine eigene Geschichte. Bis weit ins 19. Jahrhundert sammelte die Bevölkerung im Herbst Kastanien als Grundnahrungsmittel für den Winter. Mit dem Kastanienbaum-Inventar will die WSL die Baumriesen bei der Öffentlichkeit und den Behörden bekannt machen und ihren Schutz fördern.

Edel-Kastanienbaum in Lostalio (TI).

## NATURKATASTROPHE **Wenn der Berg zu Tal donnert.**

Verheerende Bergstürze kommen auch in der Schweiz vor. Dank Forschung, Überwachung und Warnung sind die Menschen heute besser geschützt – auch wenn ein Restrisiko bleibt.

Leben mit der Bedrohung – das ist für die Bewohner von Brienz/Brinzauls (GR) Alltag. Ihr Dorf steht auf einer geologischen Rutschzone, die sich jährlich mehr als einen Meter talwärts bewegt. Häuser bekommen Risse, Strassen werden unbefahrbar, auf Weiden tun sich Löcher auf. Zudem sind am Berg oberhalb des Dorfes bis zu 22 Millionen Kubikmeter Fels in Bewegung. Immer wieder donnern tonnenschwere Felsbrocken herab und rollen bis zur Kantonsstrasse. Bisher verlief das glimpflich, auch dank eines Warnsystems, welches die Strasse bei Gefahr automatisch sperrt. Seit einigen Jahren beschleunigen sich die Bewegungen, am Berg sind es in gewissen Hangbereichen mittlerweile vier bis sechs Meter jährlich.

Wo Fels in Bewegung ist, können sich gewaltige Bergstürze ereignen, die ganze Landstriche verändern. Der verheerendste Bergsturz in der Schweiz in jüngerer Zeit geschah 1806 in Goldau (SZ). Vom Rossberg rutschten bis zu 40 Millionen Kubikmeter Fels ab, begruben mehrere Dörfer unter sich und lösten eine Flutwelle im Lauerzersee aus. 457 Menschen starben. Ein Grund für die vielen Todesopfer war, dass nur ein Teil der Bewohner versucht hatte, sich in Sicherheit zu bringen. Die Menschen wussten zwar schon lange, dass vom Berg eine Gefahr ausging. Am Tag des Ereignisses lösten sich immer wieder



Seit dem Bergsturz vom Pizzo Cengalo vom 23. August 2017 und den anschliessenden Murgängen liegen in der Val Bondasca riesige Schuttmengen.

Felsbrocken, es krachte in den Wäldern und Staubwolken stiegen auf. Doch solche Anzeichen waren offenbar allzu vertraut. Kaum jemand ahnte, welche Katastrophe bevorstand.

Heute ist das anders: Bekannte Rutschgebiete wie jenes von Brienz stehen unter permanenter Beobachtung. Im Auftrag von Kanton und Gemeinde überwachen Ingenieurbüros mittels Laser-, GPS- und Radarmessungen kontinuierlich die Hangbewegungen. Sollten diese sich kritisch beschleunigen, kann Alarm ausgelöst und das Dorf evakuiert werden. «Ein grosser Felsausbruch kündigt sich in der Regel über mehrere Wochen an», sagt Andrin Caviezel, wissenschaftlicher Mitarbeiter Sturzprozesse am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF. Er fährt täglich auf seinem Arbeitsweg an Brienz vorbei: «Was dort passiert, ist erschreckend, aber aus wissenschaftlicher Sicht auch faszinierend.»

### **Daten helfen, Extremereignisse zu berechnen**

Er und weitere SLF-Forschende führen ebenfalls Messungen in Brienz durch oder verwenden Messdaten, etwa aus Laserscans, für verschiedene Analysen. Zum einen machen sie anhand zeitlicher Vergleiche Deformationen des Hanges sichtbar. Zum anderen untersuchen sie, wie viel Wasser aus der Schneeschmelze entsteht, da Wasser ein wichtiger Faktor bei den Hangbewegungen ist. Die Analysen helfen, die Vorgänge am Berg genauer zu verstehen und das geologische Modell zu verbessern. Darüber hinaus sammeln die Forschenden Daten für das Simulationsprogramm RAMMS, mit dem sich verschiedene Szenarien eines drohenden Bergsturzes berechnen lassen. Die Messdaten helfen, das Programm zu verbessern und damit künftige Extremereignisse schneller und genauer abschätzen zu können.

Auch nach dem Bergsturz am Pizzo Cengalo haben SLF-Forschende solche Simulationen angewendet. Dort brachen im August 2017 drei Millionen

Aktuelle Infos zum  
Brienzer Rutsch:  
[https://bit.ly/  
brienzerrutsch](https://bit.ly/brienzerrutsch)



Rutschhang oberhalb von Brienz: SLF-Forscher Yves Bühler bereitet die Drohne vor, um Luftaufnahmen zu machen.

Kubikmeter Fels ab. Acht Menschen, die im Bondascatal unterwegs waren, starben. Der Bergsturz löste einen Murgang aus, Schlamm und Geröll überschwemmten das Dorf Bondo, das dank eines Warnsystems rechtzeitig evakuiert werden konnte. Wie der Murgang entstand, ist nicht restlos geklärt. Eine mögliche Erklärung ist, dass die heruntergestürzten Felsmassen Wasser aus einer älteren Ablagerung pressten, wodurch sich ein Schuttstrom bildete, der bis Bondo vorstiess.

### **Was wäre, wenn?**

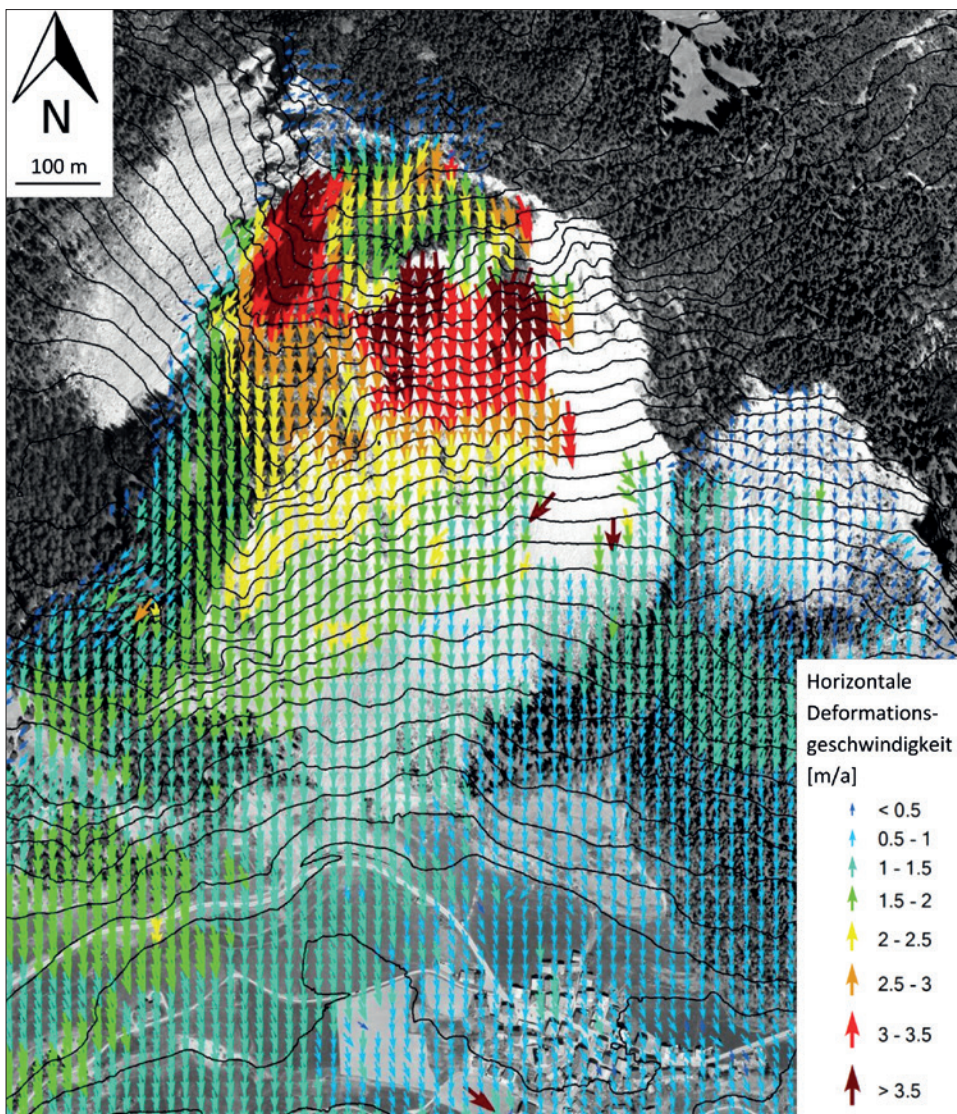
Ein solches Ereignis könnte sich wiederholen: Noch immer sind ein bis zwei Millionen Kubikmeter Fels am Pizzo Cengalo in Bewegung. Zwar ist das Volumen kleiner als das von 2017. Doch was würde geschehen, wenn die Masse nicht im Sommer abstürzt, sondern im Winter? Würde das Schmelzwasser aus dem Schnee einen noch verheerenderen Murgang auslösen? Könnte Geröll gar den Fluss Mera zu einem See aufstauen, dessen Ausbruch die talabwärts gelegene Stadt Chiavenna überfluten könnte? «Es ist wichtig, auch solche «worst case» Szenarien durchzudenken», sagt SLF-Leiter Jürg Schweizer, der nach dem Bergsturz vom August 2017 einer Expertengruppe angehörte, die im Auftrag des Kantons die Ereignisse und Folgen möglicher Entwicklungen analysierte.

Um die Folgen abzuschätzen, entwickelte die Gruppe RAMMS zunächst ein neues Modul im RAMMS-Simulationsprogramm. Dieses ist in der Lage, verkettete Ereignisse zu modellieren – in diesem Fall die Kombination von Bergsturz, Lawine und Murgang. Damit berechneten sie Szenarien für einen Bergsturz im Winter, indem sie unter anderem Abbruchvolumen, Temperatur und Wassergehalt der Schneedecke variierten.

Die Resultate geben Entwarnung: Aufgrund des kleineren Felsvolumens wäre es selbst im Winter unwahrscheinlich, dass das Gemisch aus Schnee, Fels und Wasser Bondo oder den Fluss Mera erreicht. Möglich wäre es allenfalls dann, wenn im Frühling starke Regenfälle die Schneedecke zusätzlich durchnässen würden. Hingegen sind die Maiensässiedlungen Lumbardui und Lera oberhalb des Dorfes im Bondascatal stark gefährdet. Aufgrund dieser Ergebnisse hat der Kanton die Maiensässe einer roten Gefahrenzone zugeteilt. Zudem wird der Pizzo Cengalo nun kontinuierlich durch Radarmessungen überwacht, bis die neuen Schutzbauten in Bondo erstellt sind.

Verkettete Ereignisse wie der Bergsturz und die anschliessenden Murgänge in Bondo könnten durch den Klimawandel künftig häufiger auftreten. Denn extreme Niederschläge nehmen zu, schmelzende Gletscher hinterlassen Seen, wo vorher keine waren, und Bergflanken werden instabil, weil kein Gletscher sie mehr stützt. Wie sich dadurch die Naturgefahren in den Alpen verändern, untersuchen derzeit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im interdisziplinären WSL-Forschungsprogramm CCAMM (Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements). Darin werden erste Grundlagen erarbeitet, um neue Schutzstrategien zu entwickeln. Umfassend soll das Thema durch ein neues Forschungszentrum untersucht werden, das der Kanton Graubünden und die WSL mit Unterstützung der ETH Zürich gründen.

In Brienz beobachten unterdessen die Behörden die Lage weiterhin genau. Nach intensiven Regenfällen kann die Bewegung schneller werden, wie im Juni 2020: Wieder rollten Steinbrocken bis nahe der Kantonsstrasse. Das wird auch



Mehr zum Forschungsprogramm  
CCAMM:  
[ccamm.slf.ch](http://ccamm.slf.ch)

Aus Laserscans des Briener Rutsches können sogenannte Vektorfelder berechnet werden. Die Pfeile zeigen die Richtung und Stärke der Hangdeformationen an (jährlicher Durchschnitt berechnet aus dem Zeitraum 15. Juni 2018 bis 6. Dezember 2019).

künftig Alltag bleiben: Nach Berechnungen von Ingenieurbüros können Felsabbrüche bis 100 000 Kubikmeter – das entspricht etwa 100 Einfamilienhäusern – mit grosser Wahrscheinlichkeit vorkommen. Dass das gesamte Felsvolumen von 22 Millionen Kubikmetern, das oberhalb von Brienz in Bewegung ist, auf einen Schlag abbricht, ist hingegen sehr unwahrscheinlich. Derzeit lässt die Gemeinde Bohrungen am Berg durchführen. Die Erkenntnisse daraus sollen helfen, die geologische Schichtung im Untergrund genauer zu bestimmen und mögliche Szenarien weiter einzugrenzen. Auch, wenn es keine absolute Sicherheit gibt, tragen Messungen und Berechnungen dazu bei, die Bevölkerung bestmöglich zu schützen. *(cho)*



Die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*, im Vordergrund) kann sogar überleben, wenn sie meterhoch von Sand und Kies überdeckt ist.



# LEBENS-RÄUME **Unbequeme Wohnlage bevorzugt.** Im Kies begraben, durchgefroren, vom Winde verweht: Manche Lebewesen können die extremsten Lebensräume besiedeln. Wie machen sie das – und warum ist das interessant für die Forschung?

In Fischerstiefeln steht Sabine Fink an der Moesa, die durch das Misox (GR) rauscht, und sucht ihre Studienobjekte. Auf einer Karte prüft sie ihren Standort. Sie zieht eine Rettungsweste an, stapft ins Wasser und sucht die Böschung ab. «Bis ins knietiefe Wasser geht es mit der Strömung, dann wird es heikel.» Auf der Karte markiert ein blaues Dreieck den früheren Standort einer Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*).

Doch die Moesa, die sich beim Jahrhundert-Hochwasser im Oktober 2019 ein neues Bett suchte, hat die Pflanze mitgerissen. «Vorher war hier flaches Wasser, jetzt ist es das Hauptgerinne», sagt Fink. Die Tamariske ist charakteristisch für Kiesbänke, ein wichtiges Merkmal «wilder» Flüsse. «Kiesbänke sind mit der Verbauung von Gewässern selten geworden, und die Deutsche Tamariske ist – vor allem im Mittelland – vielerorts verschwunden.»

Im Forschungsprogramm «Wasserbau und Ökologie» untersucht die Biologin zusammen mit Wasserbauingenieuren der ETH und Fischspezialisten der Eawag, wie der Transport von Geröll und der Wasserabfluss funktionieren, wie sich die Stromproduktion darauf auswirkt und was Renaturierungsmassnahmen bringen. All dies gibt Hinweise darauf, wie gut die Moesa als Lebensraum funktioniert. Fink misst Fundort und Grösse der Tamariske und sammelt ein paar Blättchen für die Genanalyse. «Die genetische Vielfalt und die Informationen zum Lebensraum zeigen, wie gut der Standort für das Überleben der Deutsche Tamariske geeignet ist.»

Weitere Informationen zum Lebensraum der Tamariske:  
[www.wsl.ch/tamariske](http://www.wsl.ch/tamariske)

## **Wo das Leben für andere zu hart wird**

Tiere, Pflanzen oder Pilze, die mit Extrembedingungen klarkommen, verfolgen meist zwei von drei ökologischen Strategien. Pionierarten sind rasch zur Stelle, wenn Hochwasser, aber auch Lawinen oder Brände, neuen Platz geschaffen haben. Dort wachsen und vermehren sie sich rasant, bevor andere Arten wieder Fuss fassen können. Dagegen setzen stresstolerante Organismen nicht auf Schnelligkeit, sondern Langlebigkeit und Zähigkeit. Beide können die widrigsten Umstände ertragen, unter denen andere nicht überleben: eisige Kälte, Trockenheit, Nährstoffmangel. Ebenso ist beiden gemeinsam, dass sie an weniger extremen Standorten gegen Arten im Nachteil sind, welche die dritte Überlebensstrategie verfolgen, nämlich in der Konkurrenz um Platz, Licht und Nährstoffe stark zu sein.

Pioniere schaffen oft Bedingungen, die anderes Leben erst ermöglichen. Der WSL-Mikrobiologe Beat Frey untersucht Mikroorganismen, die auf dem Schutt abschmelzender Gletscher und sogar im Eis selbst gedeihen. Dort trotzten sie extremer UV-Strahlung und Temperaturschwankungen von bis zu

40 Grad. Am Fuss des Dammagletschers (UR) haben die WSL-Forschenden nicht weniger als 1000 Bakterien- und 200 Pilzarten erfasst. «Sie verwandeln scheinbar tote Steinwüste in Böden», sagt Frey.

Stresstolerante Arten hingegen besiedeln langfristig extreme Standorte. Botaniker fanden 2011 auf dem Dom (4545 m ü.M.) einen blühenden Gegenblättrigen Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*), dessen Alter sie auf 30 Jahre schätzten. «Für die spezialisierten Arten sind die Bedingungen unter Umständen gar nicht so unwirtlich», sagt Christian Rixen von der SLF-Gruppe Gebirgsökosysteme, der die Flora auf Berggipfeln erforscht. Schnee ist im Winter wie eine schützende Decke. Der Polster- oder Rosettenwuchs der Pflanzen speichert Wärme in Wurzelnähe. Der Steinbrech erträgt es, nachts vollkommen durchzufrieren, andere Pflanzen lagern Frostschutzmittel ein.

Die Überlebenskünstler sind aus mehreren Gründen für die Forschung interessant. An extremen Standorten zeigt sich beispielsweise der Einfluss des Klimawandels besonders deutlich. «Vegetationsänderungen im Hochgebirge sind meist auf Klimaveränderungen zurückzuführen», sagt Rixen. Auf Extremstandorten sind zudem oft überdurchschnittlich viele Arten vom Aussterben bedroht. Gipfelbewohner etwa werden mit der Klimaerwärmung von Konkurrenten aus tieferen Lagen verdrängt. Sehr nährstoffarme Lebensräume wie Moore und ihre hoch angepassten Bewohner sind ebenfalls selten geworden.

Die Tamariske ist typisch für die in der Schweiz seltenen Kiesbank- und Auenlandschaften, auf die auch andere bedrohte Arten angewiesen sind. Eine wahre Pionierin, die aber auch Merkmale von Stresstoleranz aufweist. Die Keimlinge überleben auf trockengefallenen Kiesbänken, wenn andere Jungpflanzen bereits eingehen. Die erwachsene Pflanze toleriert «nasse Füße» und kann sogar wieder austreiben, wenn sie bis zu einem Meter hoch verschüttet wird. Neue Triebe spriessen direkt aus verschütteten Pflanzenteilen. Das lange Wurzelgeflecht verankert nicht nur die Pflanze, sondern auch die Flussufer – in Frankreich werden Tamarisken zu diesem Zweck an künstlichen Uferböschungen gepflanzt.

## **Grenzen verschoben**

Welche Bedingungen extrem sind, ist je nach Lebensform unterschiedlich. Für hochwüchsige Pflanzen wie Bäume wird es schon an der Waldgrenze auf 1800 bis 2000 Metern Höhe kritisch. «Der aufrechte Wuchs erschwert es, die Bodenwärme optimal zu nutzen, und setzt sie Wind und Schnee aus», sagt Peter Bebi, Leiter der SLF-Gruppe Gebirgsökosysteme. Bäume brauchen eine Wachstumsperiode von mindestens drei Monaten bei etwa 6 Grad mittlerer Temperatur. Einzelbäume, die meist klein und sehr alt sind, können an geschützten Stellen auf bis zu 3000 Metern Höhe überleben.

«Durch den Klimawandel erwarten wir, dass sich die Waldgrenze in vielen Gebieten in die Höhe und in der Arktis nach Norden verschiebt», sagt Bebi. Eine höhere Waldgrenze hat auch Rückwirkungen auf das Klima, vor allem, weil Wald weniger Wärme zurück ins All strahlt als Schnee. Auch die Artenvielfalt könnte sich verändern, da Pflanzen oberhalb der Waldgrenze zum Beispiel viel mehr Licht bekommen, dafür aber auch extremere Temperatursätze aushalten müssen, und weil Tiere dort weniger Deckung finden. Deshalb erforscht Bebi mit seinem Team, welche Faktoren das Baumwachstum in der Höhe beeinflussen.



Sabine Fink demonstriert eine Überlebensstrategie von Weiden auf Sand- und Kiesbänken: extrem lange Wurzeln, die hier wegen der Erosion freigelegt sind.

Extreme Lebensräume sind also nicht nur faszinierend, sie verdienen auch spezielle Aufmerksamkeit und Schutz. Die Untersuchungen dazu, wie gut sich die unscheinbare Tamariske entlang der Moesa ausbreiten kann, geben Hinweise auf die Zukunftschancen dieses bedrohten Strauchs. Sie machen aber auch deutlich, wie naturnah – oder eben nicht – das ganze Flusssystem ist. Deshalb werden WSL-Forschende auch weiterhin in Fischerstiefeln und Rettungsweste wilde Gewässer wie die Moesa erkunden. *(bki)*

# TROCKENHEIT **Wald im Stress.** Wie wirkt sich ein Sommer ohne Regen auf den Wald aus? Eine Forschungsinitiative der WSL nach der Dürre 2018 beantwortet Fragen dazu – und zur Zukunft der Buche im Mittelland.

Informationsplattform zur Früherkennung von Trockenheit in der Schweiz: [drought.ch](http://drought.ch)

Der Sommer 2018 bleibt als sehr heiss und regenarm in Erinnerung: Ausgetrocknete Flussbetten, Feuerverbot im Freien und in den Städten mehrere Tropennächte hintereinander, bei denen die Temperaturen in der Nacht nicht unter 20°C fielen. «Wir haben bereits Anfang Juli 2018 gesehen, dass sich aufgrund der Prognosen eine länger andauernde Trockenheit abzeichnen könnte», sagt WSL-Hydrologe Manfred Stähli, Leiter der Forschungseinheit Gebirgshydrologie und Massenbewegungen. Dies zeigten Daten der Informationsplattform [drought.ch](http://drought.ch), die die WSL zusammen mit weiteren Partnern betreibt und moderiert. Auf der Plattform wird die aktuelle sowie die erwartete Trockenheit dargestellt anhand verschiedener Messgrössen, etwa des Niederschlags, der Abflüsse aus den Seen, der Bodenfeuchte und des im Schnee gespeicherten Wassers.

Ebenfalls Anfang Juli verfärbten sich die Blätter von ersten Bäumen in der Region Schaffhausen. Eine Gruppe von Forschenden ergriff darum die Gelegenheit und startete im August die WSL-Forschungsinitiative «Trockenheit 2018». «Wir wollten möglichst viel darüber erfahren, wie sich diese extreme Trockenheit unmittelbar auf den Wald auswirkt, ob er sich wieder erholen kann oder ob nachhaltige Schädigungen auftreten», sagt Andreas Rigling, Leiter der Forschungseinheit Walddynamik und Co-Leiter der Forschungsinitiative.



Die Buchenwälder in der Ajoie (JU) zeigen auch 2019 noch Schäden, die die Trockenheit im Vorjahr verursachte.

Bild: Valentin Queboz, WSL



Zu wenig Wasser: Der Wasserpegel des Lac de Joux (JU) lag im Oktober 2018 auf einem Tiefststand.

## Früher Saisonschluss bei einigen Buchen

Längere Trockenperioden hat es in der Schweiz schon mehrmals gegeben, so etwa in den 1920er- und 1940er-Jahren oder zuletzt 2003 und 2015. Neu war nun aber, dass neben den Nadelbäumen auch Laubbäume grossflächig Anzeichen von Trockenstress zeigten, insbesondere die Buchen. Bislang galt diese Baumart als ziemlich robust, in den vorangegangenen Hitzesommern zeigten schweizweit nur wenige Bäume Verfärbungen der Blätter.

Doch 2018 liessen ganze Buchengruppen ihre Blätter bis zu drei Monate zu früh fallen, zuerst in der Nordostschweiz, später auch in der Nordwestschweiz bis hin zum Jura. «Mit dem ‹vorgezogenen Herbst› schützten sich die Bäume, um aufgrund der starken Verdunstung nicht zu viel Wasser zu verlieren», erklärt Rigling. Die Bäume konnten dadurch jedoch keine Photosynthese mehr betreiben und stellten ihr Wachstum frühzeitig ein.

Bei den Fichten und Weisstannen sah es nicht besser aus. Neben den eigentlichen Schäden durch das fehlende Wasser litten die geschwächten Bäume zusätzlich durch einen enorm hohen Befall des Borkenkäfers. Ende 2018 war doppelt so viel Fichtenholz vom Buchdrucker (*Ips typographus*) befallen wie im Vorjahr, tausende Bäume mussten aus den Wäldern entfernt werden.

## Heisse Trockenperioden verändern den Wald

In einigen Regionen der Schweiz war das Sommerhalbjahr 2018 das trockenste seit Messbeginn – ein Extremereignis, das statistisch gesehen nur alle vierzig bis fünfzig Jahre vorkommt. Ergiebige Winterniederschläge beendeten diese Periode. Doch die Trockenheit blieb im Wald weiterhin sichtbar. Etwa 20 Prozent der Buchen, die 2018 frühzeitig verfärbtes Laub aufwiesen, zeigten ein Jahr später noch Folgeschäden, zum Beispiel Risse am Stamm oder abgestorbene Kronenteile. Dennoch sind seit 2018 nur zwei Prozent der untersuchten Bäume ganz abgestorben. «Von grossflächigem Baumsterben kann darum kei-

Mehr Infos zur WSL-Forschungsinitiative «Trockenheit 2018»: [www.wsl.ch/trockenheit2018](http://www.wsl.ch/trockenheit2018)

ne Rede sein», so Rigling. Doch das könnte sich schnell ändern. «Entscheidend, ob der Wald mit einem Extremereignis wie 2018 umgehen kann, ist, wie trocken die Folgejahre sein werden.» Denn der Stress, den die Bäume durch die Trockenheit erleiden, summiert sich von Ereignis zu Ereignis und macht sie weniger robust gegenüber weiteren Dürren sowie anfälliger gegenüber Störungen oder Krankheiten.

Mit dem Klimawandel drohen die extremen Verhältnisse wie in den Sommern 2003, 2015 und zuletzt 2018 zum Normalfall werden. Zudem werden die trockenen Jahre zunehmend auch heisser. «Diese ›hotter droughts‹, also die sehr heissen Trockenperioden, werden entscheiden, wie sich unsere Wälder in Zukunft entwickeln werden», sagt Rigling. Dass auch die Buche vermehrt Mühe haben könnte, im Mittelland genügend Wasser zu erhalten, haben bereits Modellierungen im Rahmen des Forschungsprogramms «Wald und Klimawandel» der WSL und des Bundesamts für Umwelt angedeutet. In den nächsten Jahrzehnten könnte diese Baumart im Mittelland tatsächlich in Bedrängnis geraten und ihr Verbreitungsgebiet auf tiefgründige und feuchtere Standorte sowie in Richtung Voralpen und Alpen verlagern (s. S. 23). «Der Sommer 2018 hat uns vor Augen geführt, dass die Buche bereits manchenorts an ihre Grenzen stiess – und dass unsere Modellierungen für die Zukunft wohl stimmen», sagt Rigling.

Die Erfahrungen aus dem Sommer 2018 werden die Forschenden der WSL dabei unterstützen, die Szenarien für die zukünftige Waldentwicklung anzupassen. Auch das Wassermanagement muss darauf ausgerichtet werden, dass die Sommer wärmer und trockener werden. Der Bund arbeitet derzeit an einem gesamtschweizerischen Frühwarnsystem für Trockenheit, wie es zum Beispiel für Waldbrand oder Überschwemmungen schon besteht. Dieses soll helfen, regionale Wasserdefizite möglichst früh zu erkennen und das Wassermanagement in den betroffenen Einzugsgebieten entsprechend anzupassen, damit der Bevölkerung und der Landwirtschaft trotz fehlendem Regen genügend Wasser zur Verfügung steht und der Grundwasserspiegel nicht zu stark absinkt. Dies kommt indirekt auch dem Wald zugute. (lbo)

Käthi Liechti, Birmensdorf

«Ich kam schon immer gerne an den Türlensee. Er hat zu jeder Jahreszeit etwas zu bieten – Blumen im Frühling, einen Sprung ins Wasser im Sommer, einen Spaziergang im Herbstwind, und mit viel Wetterglück kann man im Winter über die Eisdecke gehen.»



#### ZÜRICH VOR HOCHWASSER WARNEN

Käthi Liechti arbeitet in der Gruppe Hydrologische Vorhersagen. Sie ist mitverantwortlich für den Betrieb des Hochwasser-Vorhersagesystems der Sihl, das die WSL für den Kanton Zürich betreibt. Seit diesem Jahr führt sie auch die Unwetterscha-

dens-Datenbank, welche die WSL seit 1972 unterhält. «Abwechslung vom Büroalltag bekomme ich durch Feldarbeiten an der ICOS-Messstation im Seehornwald bei Davos, wo wir Klimagase und Kohlenstoffflüsse messen.» (bki)

# WALD Welche Gene machen Bäume fit für den Klimawandel? Jahrringe als Schlüssel



Die in den Bohrkernen sichtbaren Jahrringe verraten nicht nur viel über das vergangene Klima, sondern in Kombination mit genetischen Daten auch darüber, wie einzelne Bäume aufgrund ihres Erbguts auf den Klimawandel reagieren.

Jeder Baum ist ein Individuum, das von seiner Umwelt und seinen Genen geprägt ist – wie wir Menschen auch. Die verschiedenen Bäume kommen mit Umweltveränderungen und -extremen unterschiedlich gut klar: Eine Fichte übersteht eine Trockenperiode besser als die andere; eine Rot-Buche erholt sich langsamer von einem Spätfrost als ihre Nachbarin. Patrick Fonti und Christian Rellstab interessiert, welche Rolle dabei die verschiedenen Gene spielen.

Dass Bäume ihr eigenes Leben und Wachsen mit Jahrringen dokumentieren, ist für die beiden Forscher ein Glücksfall. Denn: «Wenn man den durchschnittlichen Einfluss des Klimas aus dem Wachstumsverlauf statistisch herausfiltert», sind die Jahrringe immer noch von Baum zu Baum verschieden – und verraten, welches Individuum aufgrund seines Erbguts wie gut mit Herausforderungen wie Trockenheit oder Spätfrost

umgehen kann», erklärt Jahrring-Expertin Fonti. Die Forschenden untersuchen 3577 Bäume von sieben Arten, von denen sowohl Jahrringe als auch Genom charakterisiert wurden. Biologe Rellstab sucht nun mit viel Computer-Power nach Zusammenhängen zwischen Wachstumsmerkmalen aus den Jahrringen und genetischen Mustern.

Zurzeit hat die Arbeit Grundlagencharakter. Aber wenn es Fonti und Rellstab gelingt, Gene und Gen-Netzwerke zu finden, die bei der Anpassung der Baumarten an den Klimawandel eine wichtige Rolle spielen, hat das für die Waldbewirtschaftung Bedeutung: Für die Verjüngung könnten gezielt Samen von Bäumen mit passendem Erbgut verwendet werden. (bio)

Der Datensatz stammt vom EU-Horizon2020-Projekt GenTree, [www.gentree-h2020.eu](http://www.gentree-h2020.eu)



# WALD Bäume auf Wanderschaft: Manche Arten erreichen neue Standorte nicht schnell genug

Wird es durch die Klimaerwärmung beispielsweise trockener, werden einige Baumarten aus ihren heutigen Lebensräumen verschwinden, während sich besser angepasste neu ansiedeln. Doch diese sind nicht immer schon vor Ort, sondern müssen zuerst dort hingelangen. Das kann bei Bäumen lange dauern, da sie sich nur über ihre Samen verbreiten. «Die Frage ist, ob die Bäume mit dem Klimawandel Schritt halten können», sagt WSL-Ökologin Heike Lischke.

Um das herauszufinden, haben sie und ihr Team die Ausbreitung verschiedener Baumarten mithilfe des Computermodells «TreeMig» simuliert. Dazu nahmen sie verschiedene Klimawandel-Szenarien an und berücksichtigten Samentransport, Überlebensfähigkeit, Wachstum und Entwicklungsdauer der Bäume sowie Konkurrenz durch andere Baumarten. Das Ergebnis: Je nach Art ergibt sich eine Wandergeschwindigkeit von 10 bis 1000 Metern pro Jahr. «Das ist zum Teil deutlich langsamer als sich das Klima verschieben wird, insbesondere in der borealen Zone.» Diese umfasst weite Teile von Skandinavien, Nordamerika und Russland. Gemäss den Simulationen geraten einige Arten ab Ende des Jahrhunderts in einen Wanderungsrückstand, der erst nach mehreren Tausend Jahren ausgeglichen würde.

In der Schweiz ist der erwartete Rückstand weniger ausgeprägt, weil sich an den Hängen der Alpen das Klima über kürzere Distanzen ändert und die Bäume weniger lange Strecken überwinden müssen. Betroffen sind hier vor allem Arten mit Samentransport über mehrheitlich kurze

Strecken, etwa Buche oder Arve. Leichter haben es hingegen Arten wie die Lärche, deren Samen sich weiter verbreiten und die so vor der langsameren Konkurrenz in höheren Lagen ankommen.

Hinkt die Baummigration dem Klimawandel hinterher, kann dies Waldfunktionen beeinträchtigen, etwa die Wirkung von Schutzwäl-



In der Schweiz wächst die Flaumeiche heute vor allem im Wallis und am Jurasüdfuss – durch die Klimaerwärmung dürfte sie künftig neue Standorte erobern.

dern. Mit dem Modell lässt sich berechnen, welche Arten zu langsam sind und deshalb durch gezieltes Anpflanzen entlang ihrer Wanderrouen unterstützt werden könnten, wie etwa die trockenheitsliebende Flaumeiche. (cho)

[www.wsl.ch/treemig](http://www.wsl.ch/treemig) (Englisch)

## WALD Grosse Mausohren bevorzugen geschlossene Wälder

Dicke, alte Bäume, eine geschlossene Kronendecke, wenig Sträucher am Boden und ein offener Flugraum: So sieht der ideale Wald für das Grosse Mausohr aus, eine der grössten Fledermausarten der Schweiz. Mit ihrer Masterarbeit an der WSL wollte Katja Rauchenstein herausfinden, welche dieser Strukturen für die Fledermäuse entscheidend sind. Die auf der Roten Liste als «verletzlich» eingestuft Tiere fliegen in der Dämmerung jeweils von ihren Tagesquartieren im Siedlungsraum in den Wald, um dort zu jagen.

Waldstrukturen lassen sich mit Lasermessungen aus dem Flugzeug erfassen und mittels eines Rechenmodells auf Karten abbilden. Dieses Modell hat Rauchenstein überprüft, indem sie in den Wäldern um 18 Fledermauskolonien nachts die Flugaktivitäten der Tiere aufgezeichnet hat. In den als mutmasslich «geeignet» eingestuften Waldstücken waren

die Fledermäuse tatsächlich aktiver als in den «weniger geeigneten» und «ungeeigneten». «Es hat mich überrascht, dass nicht die Krautschicht ausschlaggebend dafür war, wie viele Fledermäuse dort jagten, sondern eine geschlossene Kronendecke», sagt Rauchenstein.

Mit ihren Ergebnissen kann nun das Modell verfeinert werden. So lassen sich Wälder, in denen die Mausohren jagen, besser vorhersagen und gezielt schützen. Es verbessert auch die Vorhersage der Flugwege, auf denen die Tiere in den Wald gelangen. Für WSL-Biologe Martin Obrist, der die Masterarbeit betreute, sind die Resultate von Rauchenstein darum ein wichtiges Puzzleteil in einem grösseren Projekt, das den Schutz der Flugkorridore von Fledermäusen zum Ziel hat. *(lbo)*

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



Hier jagen Mausohrfledermäuse gerne: Buchenwald bei Beggingen (SH).

# BIODIVERSITÄT Konkurrenz von unten: Für den Schneehasen wird die Luft dünn in der Höhe



Dem Schneehasen auf der Spur: Maik Rehnus sammelt Kotbällchen, die hier im hohen Gras versteckt sind.

Wie erforscht man ein Tier, das man nur selten zu Gesicht bekommt und das auf menschliche Anwesenheit mit Stress reagiert? Man macht sich auf die Suche nach dessen Hinterlassenschaften und untersucht diese mit genetischen Methoden. Denn im Kot, beziehungsweise in der darin vorhandenen DNA, stecken Informationen über das Individuum, von dem der Kot stammt.

Seit 2014 sammeln Mitarbeitende der WSL darum systematisch Kotbällchen von Schneehasen in einem Gebiet des Schweizerischen Nationalparks, um mehr über den Lebensraum und die Populationsstruktur dieser scheuen Tiere zu erfahren. Laura Schenker wertete für ihre Masterarbeit an der WSL die DNA der bis 2018 gesammelten Kotbällchen aus. So konnte sie nachweisen, dass im Schnitt pro Quadratkilometer 6,4

Tiere vorkamen, was fast doppelt so viel ist wie bislang geschätzt wurde. Im Frühling kamen jeweils mehr Männchen ins untersuchte Gebiet, wo sie sich auf die Suche nach Weibchen machten. Bis zum Herbst waren diese Männchen wieder verschwunden.

## **Unerwünschte Verwandtschaft**

Was die junge Forscherin ebenfalls zeigen konnte: 2016 hinterliess ein Feldhase auf 2300 m ü. M. seinen Kot – ein Erstnachweis dieser verwandten Hasenart auf dieser Höhe im Nationalpark. «Der Feldhase kann sich dank dem Klimawandel in höhere Lagen ausbreiten und so dem Schneehasen den Lebensraum streitig machen», sagt Schenker. Zwar treibt der Klimawandel auch den Schneehasen in die Höhe; dadurch verkleinert sich

aber sein Lebensraum, da die verfügbare Fläche in höheren Lagen abnimmt. Doch nicht nur das: Paaren sich Feldhasenmännchen mit Schneehasenweibchen, entstehen hybride Tiere, die sich wiederum mit Feldhasen fortpflanzen können. «Mit jeder Generation verdünnt sich so der Anteil des Schneehasen-Erbguts immer mehr.»

Die WSL-Biologen Felix Gugerli und Kurt Bollmann, die die Masterarbeit betreuen, setzen darum im Na-

tionalpark die Langzeituntersuchung zum gefährdeten Schneehasen fort. Sie empfehlen zudem ein nationales Monitoring der Art. Der Schneehase wird in der revidierten nationalen Roten Liste als «potenziell gefährdet» eingestuft. «Als Alpenland tragen wir eine internationale Verantwortung für diese Art, deren Lebensraum mit dem Klimawandel stetig schrumpft», so Bollmann. (lbo)

## BIODIVERSITÄT

# Stoppelfelder als Refugium



Das Hornmoos *Anthoceros agrestis* kommt fast ausschliesslich auf Getreide-Stoppelfeldern vor.

Wie viele andere Pflanzen auf Äckern bereichern auch Hornmoose die Artenvielfalt im Kulturland. Doch beide in der nördlichen Schweiz vorkommenden Arten, das Gelb- und das Schwarzhornmoos, sind bedroht. Auf ihren schleichenden Rückgang im 20. Jahrhundert folgte ab 2005 ein regelrechter Kollaps. Dies zeigt ein neuer Bericht zur Ackermoosflora, den WSL-Biologe Ariel Bergamini und weitere Forschende für das Bundesamt für Umwelt (BAFU) verfasst haben. Sie werteten dafür ihr seit fast dreissig Jahren laufendes Hornmoos-Monitoring aus.

Für den starken Rückgang sind vor allem die seit 2005 geltenden Bodenschutzauflagen in der Landwirtschaft und der Klimawandel verantwortlich. Seither müssen Bauern abgeerntete Getreidefelder möglichst rasch umpflügen und begrünen, um Erosion und Stickstoff-Auswaschung zu verhindern. Was gut für den Boden ist, ist schlecht für die Hornmoose, sie verlieren so ihren wichtigsten Lebensraum: Getreidestoppelfelder, die bis im Spätherbst stehen bleiben. Zudem gelingt es den Pflanzen in trockeneren Sommern teilweise nicht mehr, sich zu entwickeln, da sie dazu auf Feuchtigkeit angewiesen sind.

Um den Rückgang der Hornmoose und anderer Ackermoose zu stoppen, empfehlen die Forschenden eine Reihe von Massnahmen. «Am vielversprechendsten wäre es, abwechselnd auf verschiedenen Äckern wieder Stoppelfelder stehen zu lassen», sagt Bergamini. (bki)

<http://bit.ly/hornmoose>

Gabor Reiss, Birmensdorf

«Ich verbringe viel Zeit in den Gewächshäusern der WSL. Hier kann ich mich ausleben und produktiv sein. Wir betreuen die Versuche der Forschenden oder ziehen seltene Baumarten auf.»



#### PFLANZEN FÜR DIE FORSCHUNG

Gabor Reiss leitet den Versuchsgarten an der WSL Birmensdorf. Der gelernte Baumschulist stellt Samen und Pflanzenmaterial für wissenschaftliche Versuche bereit und berät die Forschenden, wenn sie Fragen zu den Bedürfnissen der Pflanzen ha-

ben, etwa zur Düngung. Zusammen mit seinem Team kümmert er sich auch um die naturnahe Gestaltung des WSL-Areals. «Mein Job ist sehr abwechslungsreich, ich arbeite sowohl im Büro als auch draussen mit den Pflanzen.» (lbo)

## LANDSCHAFT «Fiat Nox»: Naturschutzgebiete brauchen Pufferzonen für Licht



Nebel kann die Lichtverschmutzung bis zu 18-mal verstärken, da die Wassertröpfchen Licht streuen.

Dunkelheit ist in der dicht besiedelten Schweiz rar geworden: Es gibt kaum noch Orte, die nachts nicht von künstlichem Licht erhellt werden. Nächtliches Licht stört den Tag-Nacht-Rhythmus von Mensch, Tier und Pflanze. Da erstaunt es, dass vergleichsweise wenig darüber bekannt ist, wie sich Lichtverschmutzung lokal messen lässt und wie relevant unterschiedliche Formen davon sind.

Für ökologische Studien zum Thema werden meist Nachtaufnahmen von Satellitenbildern verwendet. «Sie sagen aber wenig über die lokalen Lichtbedingungen aus, da sie nur eine Momentaufnahme sind», sagt Léo Constantin, der dazu an der WSL seine Masterarbeit gemacht hat. Wichtiger wäre es zu wissen, welchem Licht die Lebewesen tatsächlich ausgesetzt sind – zum Beispiel in Na-

turschutzgebieten mit bedrohten Arten.

### **Wolken verstärken die Lichtverschmutzung**

Also stellte Constantin im Naturschutzgebiet Katzenssee bei Zürich, das nachts zu den hellsten des Kantons gehört, während drei Tagen zwanzig Lichtlogger auf, die im Minutentakt die Helligkeit messen. Um Lichtquellen räumlich zu orten, machte er zudem bei Nebel, Bewölkung oder klarem Himmel Fotos mit einem Fischauge, einem Kameraobjektiv mit gerundeter Linse, das fast den ganzen Himmel abbildet.

Es zeigte sich, dass nahe Lichtquellen wie Zürich-Affoltern oder der Flughafen starken «Skyglow» am Katzenssee verursachen, also eine weitherum sichtbare Lichtkuppel.

Dies vor allem bei Nebel oder Wolken, da Wassertropfen Licht stark streuen. Manche Nächte mit Nebel waren heller als bei Vollmond.

Auch punktuelle Lichtquellen an Gebäuden oder die Scheinwerfer von Autos belasten den Katzensee lokal stark. «Solche Lichteinflüsse liessen sich mit gezieltem Anpflanzen von Sträuchern oder Bäumen massgeblich reduzieren», sagt Constantins Betreuerin, die WSL-Ökologin Janine Bolliger.

Die Untersuchung sei die erste, die klare Hinweise darauf geben

kann, auf welche Distanz Lichtemissionen in Naturschutzgebieten eingedämmt werden sollten. Befinden sich grössere Siedlungen in der Nähe, sollte die Lichtpufferzone wegen des «Skyglows» mindestens einen Kilometer betragen, bei punktuellen Lichtquellen wie Scheinwerfern oder einzelnen Lampen je nach Situation etwa 500 Meter. (bki)

[www.wsl.ch/master\\_constantin](http://www.wsl.ch/master_constantin) (Englisch)

## LANDSCHAFT Über welche Entfernung lohnt sich der Transport von Biomasse zur Energiegewinnung?

Um die Energiewende voranzutreiben, könnten in der Schweiz nachhaltig verfügbares Holz zum Heizen und Hofdünger für die Biogasproduktion stärker genutzt werden. Doch diese Rohstoffe müssen oft über längere Strecken zum Bestimmungsort transportiert werden. Das verbraucht Energie in Form von Treibstoff, erhöht den CO<sub>2</sub>-Ausstoss und kostet Geld.

Über welche Entfernungen sich der Transport unter Berücksichtigung dieser Aspekte lohnen würde, haben Forschende der Gruppe Nachhaltige Forstwirtschaft der WSL untersucht. Dazu identifizierten sie durch Befragung von Fachleuten die Haupttransportwege von Stückholz, Holzschnitzeln, Gülle und Mist sowie die Maschinen, die für das Be- und Entladen und den Transport eingesetzt werden. Auf dieser Basis berechneten sie, ab welcher Distanz der Energieverbrauch des Transports die in den Rohstoffen enthaltene Energie übersteigt.

Das Resultat: Bezogen auf den Energieverbrauch kann sich der Transport über Hunderte von Kilometern lohnen. Der dabei verursachte CO<sub>2</sub>-Ausstoss fällt verhältnismässig wenig ins Gewicht, wenn man berücksichtigt, wie viel fossiles CO<sub>2</sub> durch die Nutzung der Biomasse eingespart wird. Die tatsächlichen Entfernungen von der Quelle bis zum Abnehmer liegen bei Hofdünger zwischen fünf und zehn Kilometern, bei Stückholz und Holzschnitzeln zwischen einem und dreissig Kilometern.

Mehr als der Energieverbrauch limitieren die Kosten die Transportdistanzen von Biomasse, aber auch hier besteht noch Spielraum: Bei Gülle lohnen sich unter optimalen Bedingungen Distanzen bis zu 80, bei Stückholz bis zu 110 und bei Holzschnitzeln bis zu 480 Kilometern. (cho)

[www.wsl.ch/biomass-transport](http://www.wsl.ch/biomass-transport) (Englisch)

# Wie wirkt sich der Klimawandel auf Murgänge im Illgraben aus?

Murgänge sind Extremereignisse. Sie treten nach langanhaltendem oder heftigem Niederschlag, intensiver Schneeschmelze oder einem Erdbeben auf. Der Illgraben im Wallis zählt mit drei bis acht Murgängen jährlich zu den aktivsten Murgangrinnen der Alpen. Seit über zwanzig Jahren führt



Murgang-Testgelände bei Susten (VS). Der Illgraben ist eine der aktivsten Murgangrinnen der Alpen.

die WSL hier Messungen durch, wobei die neue und weltweit grösste Murgangwaage das Herzstück darstellt. Sensoren messen die Kräfte, die durch das Gemisch aus Wasser und Gesteinsmaterial auf den Untergrund wirken. Radar- und Lasermessgeräte sowie Beschleunigungssensoren und Videokameras ermöglichen zusätzliche Analysen über Abflussmenge, Wassergehalt, Dichte und Fließgeschwindigkeit des Materials.

Die meisten Murgänge treten hier jeweils im Juli nach heftigen Gewittern auf. Entscheidend ist jedoch nicht nur, wie stark es regnet, sondern wie viel Wasser der Boden bereits enthält. So führen Murgänge im Mai bis

lang am meisten Material mit, wenn von der Schneeschmelze zusätzliches Wasser verfügbar ist. Doch wie wirken sich die in Zukunft erwarteten kürzeren Winter und trockeneren Sommer auf die Murgänge aus?

Im Forschungsprogramm «Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements» (CCAMM) erforscht die WSL, wie sich der Klimawandel auf die Massenbewegungen im Gebirge auswirkt. WSL-Doktorand Jacob Hirschberg untersucht in einem Teilprojekt von CCAMM den Einfluss des Klimawandels auf Murgänge im Illgraben. «Wir gehen davon aus, dass es in Zukunft in den Sommermonaten an weniger Tagen regnen, die Niederschläge aber stärker sein werden», so Hirschberg. Die bisherigen Analysen zeigen auch, dass Murgänge im Illgraben vermehrt im Frühling und Herbst niedergehen könnten, da es dann voraussichtlich mehr regnet als heute. Durch eine Abnahme der Frosttage könnte sich die Anzahl der Murgänge aber reduzieren, da weniger Fels verwittert. In einem extremen Klimaszenario gäbe es gegen Ende des Jahrhunderts nur noch im Frühling Murgänge, da im Sommer bereits alles mobilisierbare Gesteinsmaterial im Tal wäre.

An höher gelegenen Orten könnte auftauender Permafrost jedoch zu mehr losem Gestein führen. «Häufigere und grössere Murgänge wären dort die Folgen», sagt Hirschberg. *(sni)*

[ccamm.slf.ch](http://ccamm.slf.ch)



# NATURGEFAHREN Der Wald als Versicherung vor Lawinen und Steinschlag

Der Wald schützt unzählige Häuser in den Bergen vor Lawinen und Steinschlag. Ein Team um den Ökonomen Roland Olschewski will im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Wirtschaft» herausfinden, ob sich diese Schutzleistung noch erhöhen lässt – und zu welchem Preis. Und: Wäre die Bevölkerung bereit, diesen Preis zu zahlen?

Die Forscher befragten deshalb die Einwohnerinnen und Einwohner von sieben Berggemeinden anhand von fiktiven, aber realistischen Szenarien, was ihnen die Schutzleistung des Waldes wert ist – also zum Beispiel, ob sie einen bestimmten Betrag für zusätzliche Schutzwaldpflege zahlen würden, wenn dafür ihr Haus von der roten in die blaue Gefahrenzone zurückgestuft würde. Olschewski freut sich: Viele wären bereit, für noch effektiveren Schutzwald Geld auszugeben. Ob dieses Geld für zusätzlichen Pflegeaufwand verwendet werden könnte, prüft das Forscherteam ebenfalls.

## Ziel: Ein operatives Geschäftsmodell

Als nächsten Schritt wollen Olschewski und seine Kollegen ein praktisches Geschäftsmodell – eine Versicherung – entwickeln, die die neuen Erkenntnisse mit den bestehenden Regelungen verknüpft. Hier ist Zusammenarbeit mit der Versicherungsbranche und der öffentlichen Hand gefragt, vor allem aber wirtschaftswissenschaftliche Kompetenz. Denn eine Versicherung funktioniert beispielsweise nicht, wenn der Pool von Leistungserbringern oder Prämienzahlern zu klein ist, wenn also nur wenige



Richtig eingesetzt können auch abgestorbene Bäume gegen Steinschlag schützen, dies zeigen Computermodelle und Versuche wie hier in Schiers (GR). Aber die zusätzliche Waldpflege kostet – wäre die Bevölkerung bereit, etwas dafür zu zahlen?

Liegenschaftsbesitzerinnen oder wenige Waldeigentümer mitmachen. Auch dürfen sich diese Kreise nicht zu stark überschneiden: Es geht nicht auf, wenn die Gemeinde sowohl den Schutzwald als auch das gefährdete Gebäude besitzt.

Aber besteht die in der Umfrage ermittelte Bereitschaft auch, wenn eine Prämienrechnung für den Schutzwald ins Haus flattert? «Zahlungsbereitschaft heisst nicht unbedingt, dass es auf eine individuelle Zahlung hinausläuft. Das kann auch über die öffentliche Hand gehen», stellt Olschewski klar. (bio)

[www.nfp73.ch](http://www.nfp73.ch)

# SCHNEE UND EIS Hartes Geschütz von oben! Wenn Schnee und Eis auf Dächern zur Gefahr werden



Die Falt-Schiebeläden des Meret Oppenheim Hochhauses werden bei Sturm und Schneefall automatisch geschlossen.



Das Dach der Elbphilharmonie ist bis zu 50° steil. Dank den richtigen Materialien können Dachlawinen verhindert werden.

Ein grosser Eiszapfen hängt von einem Dachrand über einem stark benutzten Trottoir. Nicht auszudenken, was passiert, wenn mehrere Kilo Eis auf Passanten stürzten. «Um Unfälle oder Schäden durch abrutschenden Schnee oder herunterfallendes Eis zu vermeiden, sollte bei der Planung eines Gebäudes möglichst früh eine Schneeexpertin oder ein Schneeex-

perte beigezogen werden», sagt Stefan Margreth. Der Leiter der Gruppe Schutzmassnahmen am SLF berät Architektinnen und Architekten, wie Risiken minimiert und Unfälle mit Schnee und Eis vermieden werden können.

Meist beurteilt Margreth in einem ersten Schritt, ob es bei einem Gebäude überhaupt ein Problem geben könnte, indem er die Schneesituation und die Gebäudegeometrie prüft. Wie viele Tage schneit es am Ort, wo das Objekt gebaut wird? Mit welchen Schneehöhen ist zu rechnen? Danach beurteilt er die verschiedenen Vorschläge der Architektinnen und Architekten bezüglich Materialien oder Gebäudegestaltung und wählt die beste Lösung aus. Oft reichen kleine Anpassungen am Bau, zum Beispiel schmalere Fenstersimse, wo sich weniger Schnee ansammeln kann, oder eine beheizte Dachrinne.

In den letzten Jahren hat Margreth diverse Gutachten erstellt, darunter auch für spektakuläre Bauten wie die Elbphilharmonie in Hamburg von Herzog und de Meuron. 2008 wurde er von den renommierten Basler Architekten angefragt, die Gefahr von Dachlawinen und Eisbildung am Dachrand des rund 110 Meter hohen Gebäudes zu beurteilen. Das Dach sieht aus wie eine Gebirgslandschaft mit Flächen, die bis 50° steil sind. «Die Oberfläche und Form bestimmen, ob Schnee auf dem Dach liegen bleibt oder abrutscht», sagt Margreth. Eine raue Oberfläche verhindert das Abrutschen von Schnee. Für das Dach der Elbphilharmonie wurden runde Aluminiumscheiben mit einer Lochmusterung gewählt. Zwischen den einzelnen Scheiben gibt es Zwischenräume, so dass sich die Schneedecke verzahnt und nicht rutscht.

### **Keine exakte Wissenschaft**

Bei teuren Projekten erstellen Architekturbüros oft ein Modell eines kritischen Gebäudeelements im Massstab 1:1. Doch um wirklich herauszufinden, welche Probleme mit Schnee- und Eis entstehen könnten, müsste man das Modell mehrere Winter lang beobachten. So viel Zeit hat niemand. «Intuition ist deshalb wichtig, aber auch, dass man mit offenen Augen durch Winterlandschaften geht. Beobachtungen an eingeschneiten Lawinenverbauungen kann ich oft auf vergleichbare Situationen bei Gebäuden übertragen», sagt Margreth.

2014 erteilte das Architekturbüro Herzog und de Meuron dem SLF einen weiteren Auftrag, diesmal zur Gebäudefassade des Meret Openheim Hochhauses in Basel. Das 81 Meter hohe Gebäude befindet sich

direkt am vielbegangenen Südzugang zum SBB Bahnhof. Charakteristisch für das Bauwerk ist die verstellbare Metallfassade – die Falt-Schiebeläden lassen sich individuell öffnen und schliessen. Doch was passiert, wenn es schneit? Sind die Fensterläden offen, kann sich Schnee ablagern und allenfalls beim Schliessen runterfallen. Zusammen mit den Architekten hat Margreth Fensterläden aus unterschiedlichen Materialien und Bauweisen diskutiert. Sie haben sich für einen gesteuerten Schliessmechanismus entschieden: Bei starkem Schneefall oder Sturm werden alle Fensterläden automatisch geschlossen.

Margreth war auch bei der Planung des «Circle» beim Flughafen Zürich involviert, dem momentan grössten und teuersten privaten Hochbauprojekt der Schweiz. Das Gebäude verfügt über eine geschlossene, Bumerang-förmige Fassade, die stark überhängend ist und drei Fahrspuren überragt, die zum Flughafen führen. Stefan Margreth hat die Architekten bezüglich Fassade und Dachrand beraten. «Ich habe von vielen Fenstersimsen abgeraten. Das wäre sehr ungünstig, wenn Schnee vom Gebäude auf die Fahrbahn fiel.» Die Eröffnung des Baus ist für 2020 geplant. *(sni)*

*[www.slf.ch/baulicher-lawinenschutz](http://www.slf.ch/baulicher-lawinenschutz)*



Carolin Willibald, Davos

«Wenn schon auf dem Land leben, dann richtig. Dieses alte Bauernhaus bei Davos ist dafür ideal. Viel Schnee, die Loipe und Tourenmöglichkeiten direkt vor der Tür gehören zu einem langen Winter ebenso wie das Holzmachen.»

#### FASZINATION FÜR SCHNEE

Als Skitourengängerin interessiert sich Carolin Willibald seit langem für die Prozesse im Schnee. In ihrer Dissertation geht es darum, seine Mechanik und Mikrostruktur besser zu verstehen. Um die komplexe Materie zu vereinfachen, hat die

Physikerin einen Modellschnee entwickelt. Mit Eiskügelchen untersucht sie, wie gut sich die Teilchen verbinden oder wie sie auf Belastung reagieren. Das sind Fragen, die unter anderem zum Verständnis von Lawinen beitragen. (sni)



Gesundheit ist wertvoll – das gilt nicht nur für uns Menschen, sondern auch für den Wald. Denn ein gesunder Wald ist im Gleichgewicht und kann viele wichtige Funktionen erfüllen: Er schützt vor Lawinen oder Steinschlag, sorgt für sauberes Grundwasser und bietet vielen Tieren und Pflanzen einen sicheren Lebensraum. Die WSL erforscht, wie der Wald vor Krankheiten bewahrt und besser an den Klimawandel angepasst werden kann. Sie untersucht aber auch, wie Landschaft und Naturräume sich umgekehrt positiv auf das Wohlbefinden der Menschen auswirken, Stress reduzieren und damit die psychische Gesundheit verbessern. (cho)

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

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

---

## IMPRESSUM

Verantwortlich für die Herausgabe:  
Prof. Dr. Konrad Steffen†  
Dr. Christoph Hegg, Acting Director WSL

Text:  
Lisa Bose (lbo), Claudia Hoffmann  
(cho), Beate Kittl (bki), Sara Nieder-  
mann (sni), Birgit Ottmer (bio)

Redaktionsleitung:  
Lisa Bose, Claudia Hoffmann;  
[diagonal@wsl.ch](mailto: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, 2020:  
WSL-Magazin Diagonal, 2 / 20.  
36 S., ISSN 2296-3561

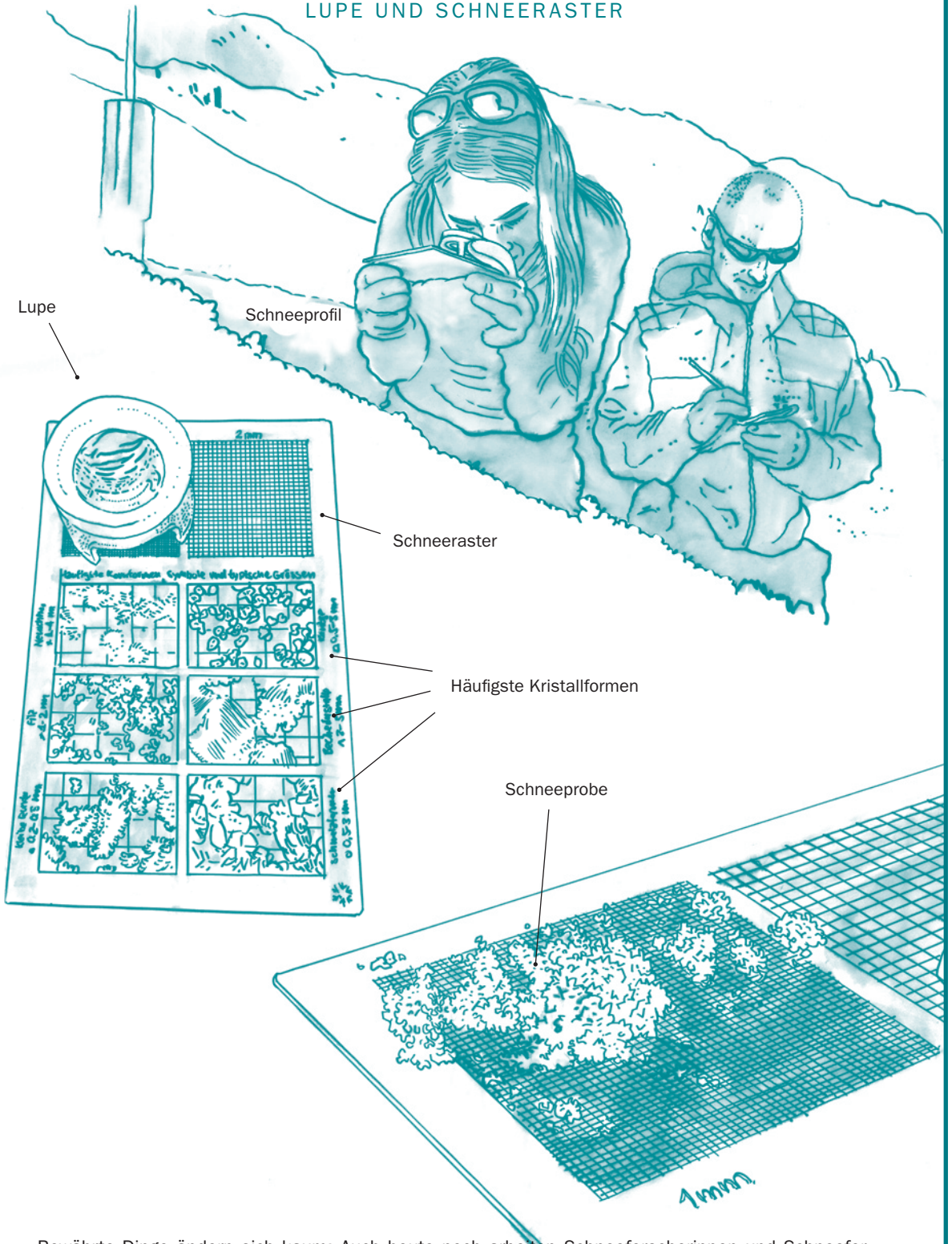
---

## PERSONEN



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

## LUPE UND SCHNEERASTER



Bewährte Dinge ändern sich kaum: Auch heute noch arbeiten Schneeforscherinnen und Schneeforscher mit Lupe und Schneeraster, um Schneekristalle zu untersuchen – wie schon vor achtzig Jahren. Sie entnehmen Proben aus den verschiedenen Schichten eines Schneeprofiles und geben diese aufs Raster. Dessen unterschiedlich grosse Zellen dienen als Referenz, um die Kristallgrössen zu bestimmen. Die Form und die Grösse der Schneekristalle lassen Rückschlüsse auf die Eigenschaften der Schneeschicht zu.

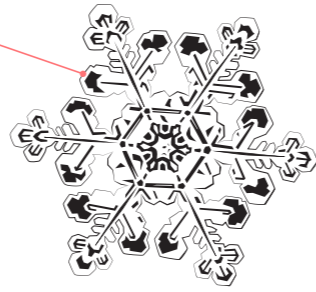
Video auf:  
[www.wsl.ch/ding](http://www.wsl.ch/ding)



EXTREM VIELE

# 10 Trillionen

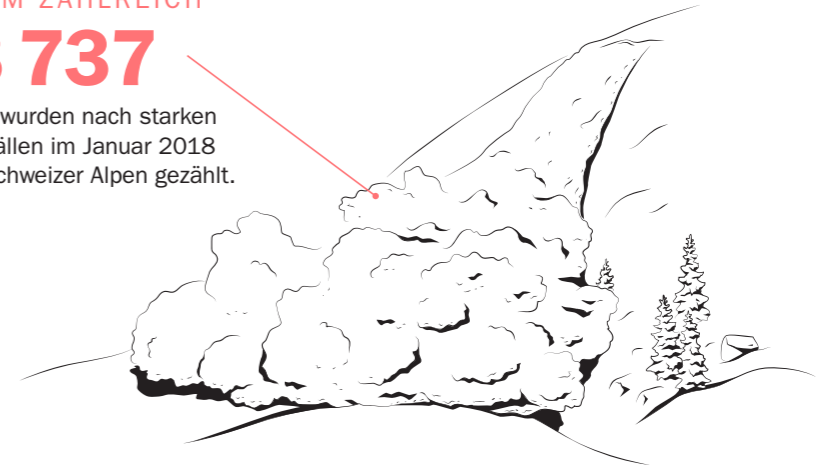
Ungefähr  $10^{19}$  Wassermoleküle enthält ein Schneekristall mit einem Durchmesser von 1 Millimeter.



EXTREM ZAHLREICH

# 18 737

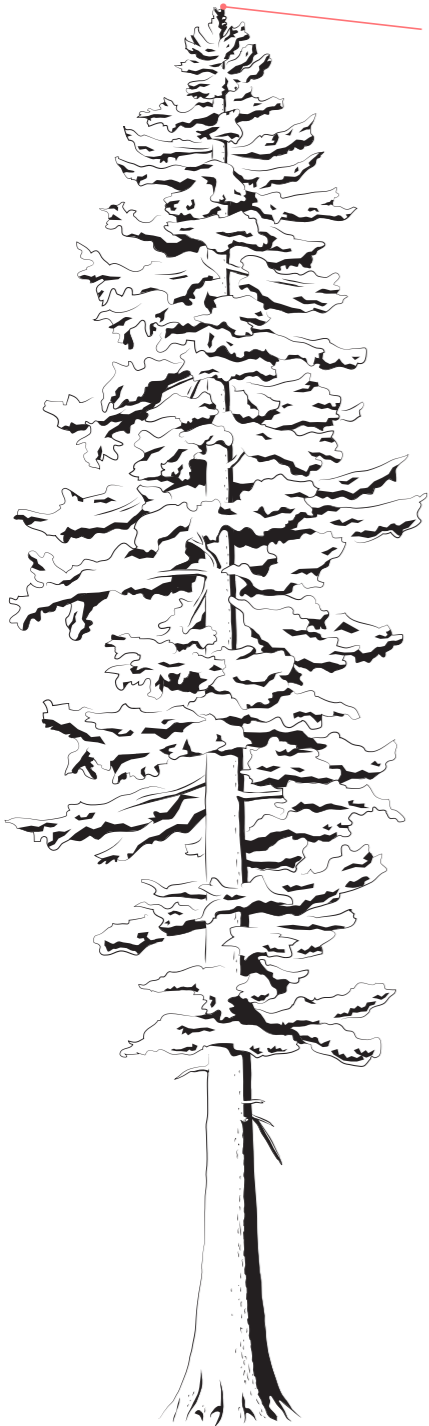
Lawinen wurden nach starken Schneefällen im Januar 2018 in den Schweizer Alpen gezählt.



EXTREM HOCH

# 58 m

Der höchste Baum der Schweiz, eine Weisstanne, steht in Oberlangenegg (BE).



EXTREM SELTEN

# 3

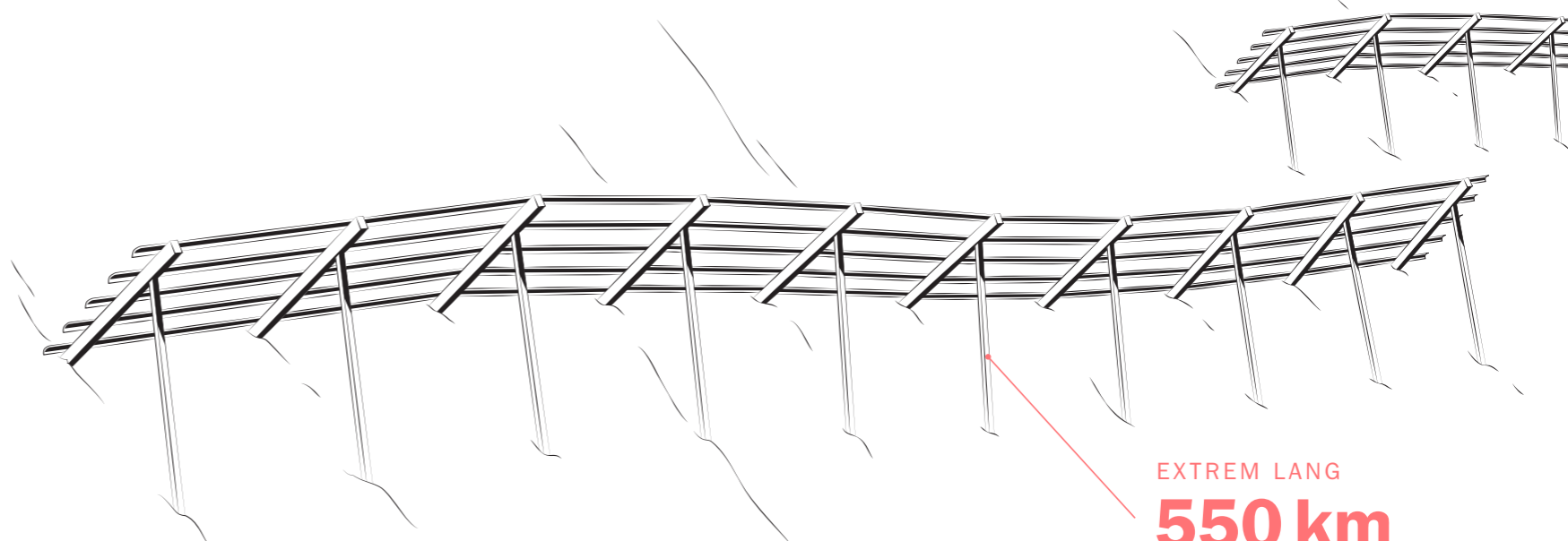
Die Flechte «Schwarzfrüchtiger Kugelträger» hat man in den letzten 50 Jahren in der Schweiz nur an 3 Orten gefunden.



EXTREM LANG

# 550 km

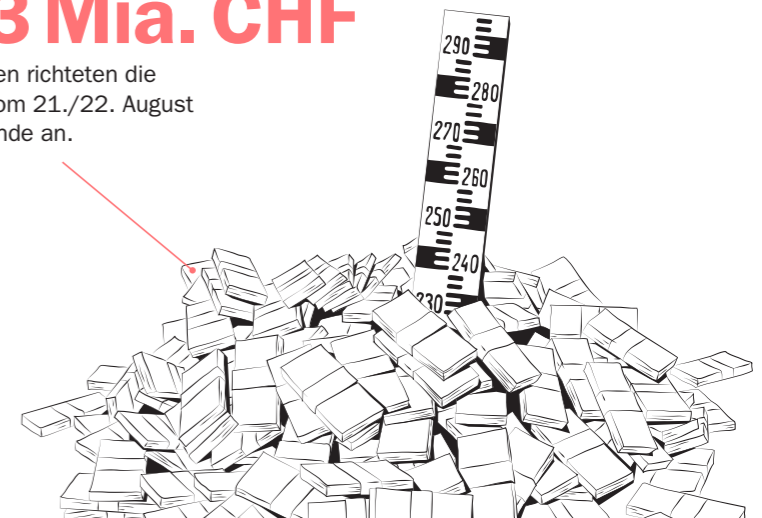
beträgt in etwa die Gesamtlänge der Lawinerverbauungen in der Schweiz.



EXTREM TEUER

# Ca. 3 Mia. CHF

Diesen Schaden richteten die Hochwasser vom 21./22. August 2005 hierzulande an.





EXTREM WENIG

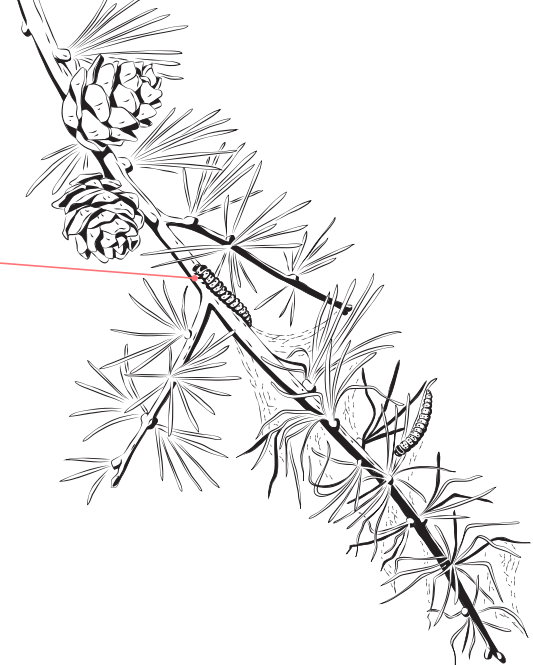
**1**

Um Tiere an einem Ort nachzuweisen, würde die genetische Information aus einer einzigen Zelle ausreichen.

EXTREM REGELMÄSSIG

**Alle 9 Jahre**

findet die Massenvermehrung des Lärchenwicklers statt, dessen Raupen ganze Lärchenbestände kahl fressen.



EXTREM SCHÄDLICH

**102 277 m<sup>3</sup>**

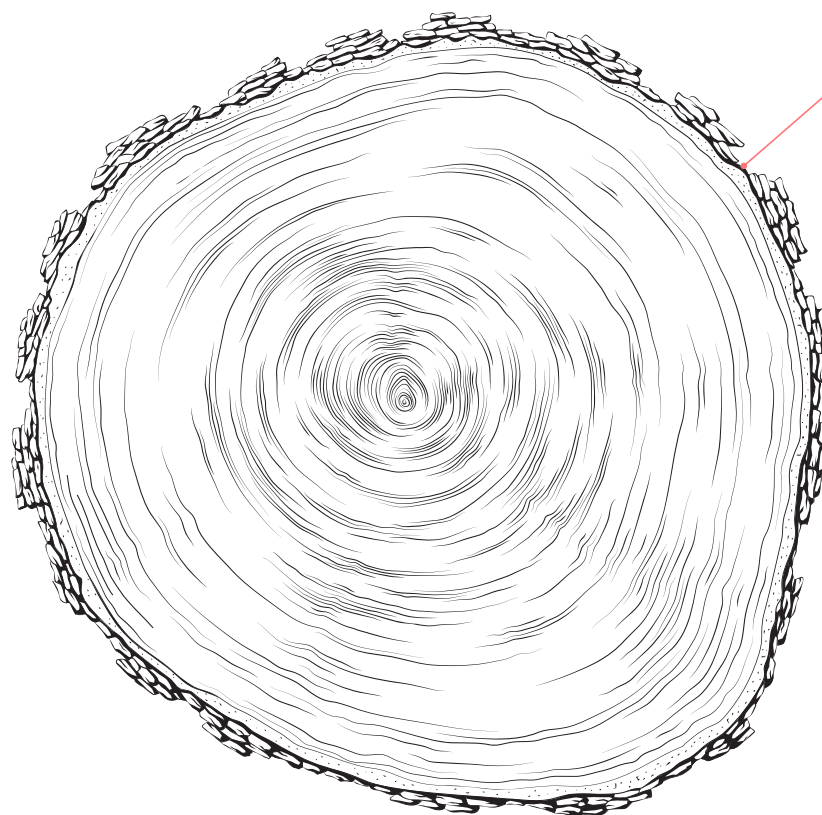
So viel Holz musste 2019 wegen des Eschentriebsterbens zwangsgenutzt werden.



EXTREM BESTÄNDIG

**1888**

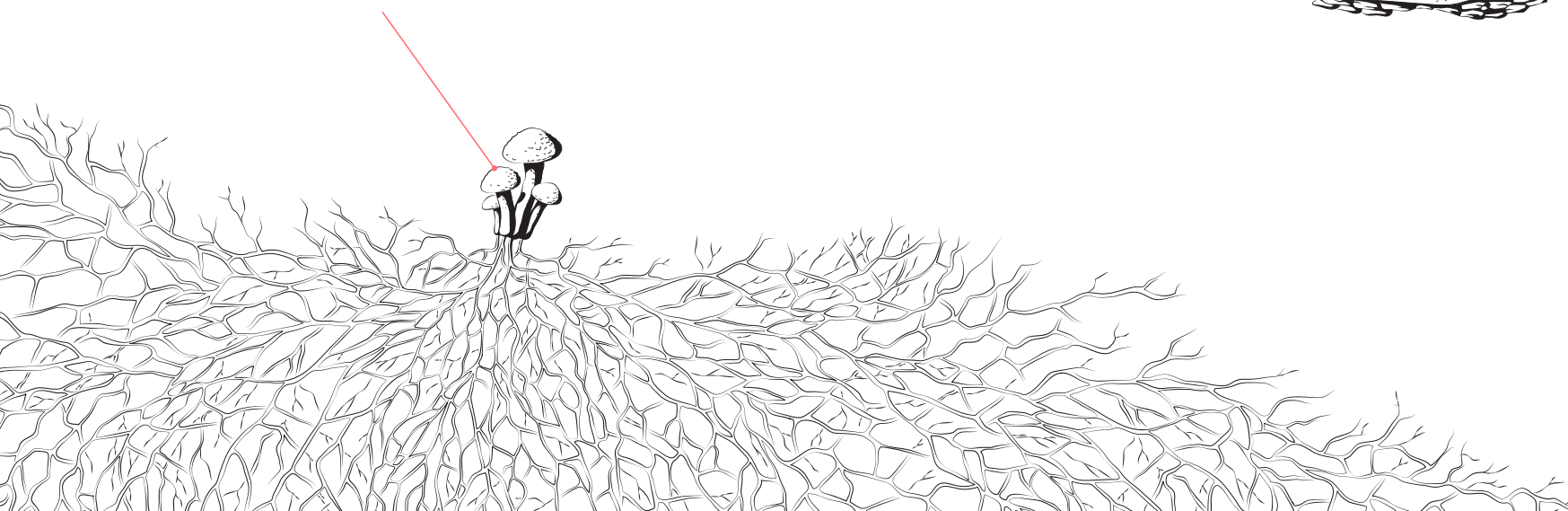
wurden die ersten Versuchsfelder eingerichtet, um den Ertrag des Schweizer Waldes zu erforschen. Sie sind noch heute in Betrieb.



EXTREM GROSS

**37 ha**

Der grösste Pilz der Schweiz, ein Hallimasch, wurde im Schweizerischen Nationalpark entdeckt, sein unterirdisches Geflecht erstreckt sich über eine Fläche von 50 Fussballfeldern.



EXTREM WARM

**1,6 °C**

Der bisherige Temperaturrekord am höchsten Punkt Grönlands, beim Summit Camp auf 3216 m ü. M., wurde am 2. August 2019 gemessen.



## 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  
Case postale 96  
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  
Route du Rawyl 47  
CH-1950 Sion  
Telefon 027 606 87 80  
valais@wsl.ch  
www.wsl.ch/sion

## FORSCHUNG FÜR MENSCH UND UMWELT

Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL untersucht Veränderungen der terrestrischen Umwelt sowie die Nutzung und den Schutz von natürlichen Lebensräumen und Kulturlandschaften. Sie überwacht Zustand und Entwicklung von 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](http://www.wsl.ch/geschaeftsbericht).

