

WSL-MAGAZIN

DIAGONAL

SCHWERPUNKT

Strom ohne Atom: Wie kriegten wir die Kurve?

Nr. 2

16

Fernerkundung:

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

Neue Software:

Entwicklung der Landschaft mit alten Fotos aufzeigen, S. 26

Lawinen:

Wie riskant sind Touren abseits der Piste? S. 29

EDITORIAL

Liebe Leserin, lieber Leser

Dass die WSL Energieforschung macht, mag den einen oder anderen erstaunen. Technologieentwicklung ist schliesslich nicht unsere Aufgabe. Jede Technologie wirkt sich jedoch auf die Umwelt und die Gesellschaft aus, positiv wie negativ. Unsere Forschenden untersuchen deshalb die Chancen und Risiken der Energiewende. Denn: Wer entscheidet, welche Technologie wie eingesetzt wird, sollte über deren Konsequenzen Bescheid wissen.

Bei so einem enormen Projekt wie der Energiewende lohnt sich ein Blick voraus, wie es WSL und Eawag im Forschungsprogramm «Energy Change Impact» tun. Wir schätzen zum Beispiel das Energiepotenzial erneuerbarer Ressourcen in der Schweiz ab und erkunden, wie sich ihre Nutzung auf die Artenvielfalt, auf natürliche Lebensräume und die Menschen auswirken könnte. Nicht um die Energiewende zu verhindern – sondern um vorausschauend Chancen und Risiken zu erkennen und den Umbau des Energiesystems optimal zu gestalten.

Eine spannende Lektüre wünscht
Ihnen



Christoph Hegg
Stellvertretender Direktor WSL





Wetterstationen: Ultraschall macht Pflanzenwachstum sichtbar, S. 24

Energiewende



DOPPELPASS

Rolf Iten, Geschäftsleiter der Beratungsfirma Infrac: «Man weiss noch nicht, wie man die Energiewende in die Gesellschaft und die Wirtschaft hineinbringen soll.»

→ **5**



BIOMASSE FÜR DIE SCHWEIZER ENERGIEWENDE

Die WSL untersucht die Energiepotenziale von Biomasse. Der Fokus liegt nicht nur auf Holz, sondern auch auf der unverholzten Biomasse.

→ **10**



MIT ERNEUERBARER ENERGIE IN DIE ZUKUNFT

Die Produktion von Energie aus Wind und Sonne braucht Platz. Oft kommt es zu Konflikten, für die Zukunft ergeben sich aber auch Chancen.

→ **16**



WELCHE ENERGIEWENDE WOLLEN WIR?

Der Ausstieg aus der Atomenergie zwingt die Schweiz zum Totalumbau ihres Energiesystems. Die WSL erforscht die Potenziale und Risiken dieses Generationenprojekts.

→ **2**

KERNTHEMEN

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

PORTRÄTS


- 19** Doris Schneider Mathis, Chemielaborantin
- 31** Anil Yildiz, Bauingenieur
- 34** Fabian Wolfspurger, Sportingenieur
- 35** IMPRESSUM, AUSBLICK
- 36** DAS DING: Samenklegntrommel

SCHWERPUNKT Der Ausstieg aus der Atomenergie zwingt die Schweiz zum Totalumbau ihres Energiesystems. Die WSL erforscht die Potenziale und Risiken dieses Generationenprojekts.

Welche Energie- wende wollen wir?

Rund 40% des Schweizer Stroms stammt aus Atomkraftwerken und muss gemäss Energiestrategie 2050 eingespart oder durch Strom aus erneuerbaren Quellen ersetzt werden.





Aus Holz und unverholzter Biomasse kann Wärme, Strom oder Treibstoff gewonnen werden. Die WSL untersucht, welche Rolle die Biomasse im zukünftigen Schweizer Energiesystem spielen könnte.

Auch erneuerbare Energiequellen haben Auswirkungen auf die Umwelt. Für das Laufwasserkraftwerk wurde vor über hundert Jahren ein Kanal gebaut, und die Aare wird auf über 7 km gestaut.

Kernkraftwerk Beznau (AG).

Nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima ging alles plötzlich ganz schnell: Der Bundesrat erarbeitete die Energiestrategie 2050, die den Ausstieg aus der Atomenergie besiegelt, das Parlament segnete sie ab. Die fünf Schweizer Atomkraftwerke produzieren heute zusammen etwa 26 Terawattstunden (TWh) Strom pro Jahr, das sind rund 40 Prozent der schweizerischen Stromproduktion. Die Lücke will der Bundesrat mit Einsparungen und alternativen, vor allem nicht-fossilen Energiequellen füllen. Um die Ziele bis 2050 zu erreichen, müssten rund 110 Quadratkilometer Fotovoltaikanlagen – das sind zwei Drittel der Fläche Liechtensteins – gebaut werden, über 1000 neue Windräder und mindestens ein Dutzend Geothermieanlagen. Ein Generationenprojekt.

Wenig Forschung zu den Auswirkungen

Der Bund hat erkannt, dass es mehr Wissen braucht, damit die Energiewende gelingen kann. Entsprechend hat er zwischen 2013 und 2016 rund 250 Millionen Franken in die Energieforschung investiert. Sieben Kompetenzzentren, zwei Nationale Forschungsprogramme (NFP 70 und 71) sowie 24 Nationalfonds-Professuren erforschen seither neue Energie-Technologien, den Umbau der Stromnetze oder wirtschaftliche und juristische Fragen. An drei der Kompetenzzentren sowie an den NFP sind auch WSL-Forschende beteiligt.

Bei einem derart grossen Aufwand ist es sinnvoll, im Voraus einen Blick auf mögliche Risiken und Konflikte der Energiewende zu werfen und zu schauen, ob die Ressourcen an Holz, Wind, Sonne und Wasser genügen. Zu diesem Zweck haben WSL und Eawag 2014 das Forschungspro-



Energie der Zukunft oder Landverschwendung und -verschandelung? An Wind- oder Solar-Grosskraftwerken scheiden sich die Geister – zum Beispiel am ältesten Solar-Kraftwerk Europas auf dem Mont-Soleil (Kt. BE), das auf einer Alpweide gebaut wurde.

programm «Energy Change Impact» (Energiewende-Folgenforschung) lanciert. Der ETH-Rat hat ihnen bis 2016 1,5 Millionen Franken aus dem Energieforschungsbudget zugesprochen.

Informierte Entscheidungen treffen

Ziel des Programms ist es, Bürgern, Staat und Unternehmen aufzuzeigen, in welchen Rahmenbedingungen der Umbau des Energiesystems stattfinden wird. Verschiedene WSL-Projekte erkunden etwa die Potenziale alternativer Energiequellen. Gibt es – mit Blick auf die Klimaerwärmung – genug Wasser für neue Wasserkraftwerke? Welche Holzreserven bieten die Wälder unter verschiedenen Bewirtschaftungsszenarien? Andere Projekte schauen die Konsequenzen der Technologien für die Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft an, positive wie negative. Während zum Beispiel regionale Wirtschaftsstandorte von der Energieholzproduktion profitieren, könnte die Artenvielfalt im Wald je nach Bewirtschaftung darunter leiden oder – wenn es klug angestellt wird – auch zunehmen.

«Die Entscheidung, welche Technologien man wie fördern will, sollte in Kenntnis ihrer Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft erfolgen», betont Christoph Hegg, stellvertretender Direktor der WSL. «Mit den Mitteln des Bundes werden nur wenige Projekte mit diesem Fokus unterstützt», bemängelt er. Das «Energy Change Impact»-Programm gibt einen Impuls in diese Richtung. Allerdings läuft die Zusatzfinanzierung 2017 aus, dann muss die WSL ihre Projekte vollständig aus dem eigenen Budget finanzieren oder andernorts Drittmittel akquirieren. Dabei würde es gerade die Impactforschung erlauben, präventiv zu handeln und so Risiken zu minimieren. Das «Energy Change Impact»-Programm bietet kleine Fenster in die Zukunft, die Politik und Gesellschaft den Blick auf verschiedene mögliche Wege zur Energiewende öffnen. Damit sie wohl-informiert in die Richtung wandern können, in die sie wollen. *(bki)*

Mehr Informationen zum Forschungsprogramm «Energy Change Impact»: www.wsl.ch/more/energychangeimpact

DOPPELPASS Die Energiewende zwingt zur Zusammenarbeit. Für die Energiewende wird viel geforscht, beim Transfer in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft sind jedoch noch viele Fragen offen. Ein Gespräch mit Astrid Bjørnsen (WSL) und Rolf Iten (Infras).

Sie beide beschäftigen sich mit den möglichen Folgen der Energiewende. Wo gibt es die grössten Wissenslücken?

RI: Wenn man einen so grossen technischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Wandel angehen will, braucht man einen ganzen Kranz an Informationen. Zuerst über Technik und Ressourcen, dann darüber, ob das gesellschaftlich akzeptabel und wirtschaftlich verkraftbar ist. Der grosse Haken ist für mich, dass man noch nicht weiss, wie man die Energiewende in die Gesellschaft und die Wirtschaft hineinbringen soll.

AB: Die Herausforderung ist, ein Gesamtbild zu schaffen und daraus abzuleiten, welche gute Massnahmen zur Umsetzung der Energiewende sind, bis hinunter auf die lokale Ebene – zum Beispiel wie viele Windräder für eine bestimmte Talschaft zumutbar sind. Das ist noch nicht gelöst.

Wie bringt man Informationen dorthin, wo sie nützlich sind?

RI: Die Energieforschung dünkt mich heute stärker universitär und weniger anwendungsorientiert als früher. So sind für Professoren oder Doktoranden wissenschaftlich interessante Fragestellungen oft wichtiger als Fragen, die in der Gesellschaft, Wirtschaft oder der Politik aufkommen.

AB: Immerhin wächst in der Forschungslandschaft das Bewusstsein für das sogenannte Valley of Death, der Lücke zwischen Forschung und Markt. Forschungsprogramme wie das europäische Rahmenprogramm Horizon 2020 oder die Swiss Competence Centers for Energy Research (SCCER) schaffen vermehrt Anreize, diese Lücke zu schliessen.

RI: Das Tal des Todes liegt für mich nicht so sehr beim reinen Technologie-Transfer, sondern beim Transfer in Gesellschaft und Politik. Auf dieser Ebene macht man zu wenig. In die richtige Richtung ging der Energietrialog, ein hochkarätiges Diskussionsforum von Wissenschaftlern, Unternehmern, Parlamentariern, Konsumenten und NGOs.

AB: In der Forschung ist das Kommunikationsdefizit systembedingt. Was in einer Forscherkarriere zählt, sind Publikationen. Investitionen in Netzwerke mit Politikern oder Gespräche mit der Bevölkerung, Wissensvermittlung also, werden nicht ausreichend gewürdigt. Andererseits ist es noch immer sehr schwer, Nicht-Wissenschaftler an eine Energieforschungskonferenz zu bekommen, diese Form passt nicht zu den vollen Agenden von Politikern und Journalisten. Bei gewissen Forschern braucht es auch ein neues Rollenverständnis. Es sollte mehr Leute geben, die das Wissen gezielt der Bevölkerung und der Politik vermitteln.



Rolf Iten (RI) ist Ökonom und Geschäftsleiter und Partner bei der Beratungsfirma Infras, wo er die Themenfelder Wirtschaftspolitik und Energie leitet.



Astrid Bjørnsen (AB) ist Umweltnaturwissenschaftlerin und leitet das Forschungsprogramm «Energy Change Impact» der WSL und der Eawag.

Es wird also viel geforscht, etwas geredet, aber wenig umgesetzt.

Warum?

RI: Ich weiss auch nach mehr als 20 Jahren im Geschäft noch nicht, wie der gordische Knoten durchschlagen werden kann. Man weiss, was technologisch und ressourcenmässig machbar ist. Man weiss, dass die Energiewende wirtschaftlich und sozial bestens verkraftbar ist – aber diese Message kommt nicht rüber. Sobald man wirksame Steuerungsmaßnahmen einführen will, fängt man allenthalben an zu schreien und zu jammern.

Heisst das, dass man eigentlich keinen Plan hat, was man mit den Resultaten der Forschung – auch jener zu den Auswirkungen – anfangen soll?

AB: Es gibt in der Forschung diesen Geist des Vorwärtsgehens, man will neue Technologien entwickeln, ein wenig die Welt retten. Man will keine Bremser am Wegrand, die sagen: Halt, schauen wir einmal, ob dies die richtige Richtung ist. Ich sehe aber einen grossen Bedarf für eine Forschung, die mit Daten und Studien voraussagt, wie sich Massnahmen wie zum Beispiel finanzielle Lenkungsmassnahmen auswirken, und auf diese Weise die Transformation des Energiesystems begleitet.

RI: Es ist aber auch ein Kommunikationsthema. Die Leute verstehen nicht, wie finanzielle Lenkungssysteme funktionieren ...

AB: ... überhaupt fehlt es am Systemverständnis in der Politik und der Bevölkerung. Jetzt wird wieder gegen Pumpspeicherkraftwerke gewettert, ohne zu verstehen, dass die Energiewende nur mit Speichern zu machen ist.

RI: Da sind auch Verhaltensökonominnen oder Sozialpsychologinnen gefragt, die sich mit der Wahrnehmung der Dinge beschäftigen. Wie entsteht die Bereitschaft, einen Wandel mitzutragen? Da sind wir noch nicht wahnsinnig weit.

AB: Nein, gar nicht!

An der WSL forschen ja auch Sozialwissenschaftler und Ökonomen. Was kommt dabei raus?

AB: Diese Projekte fördern manchmal Überraschendes zutage. Zum Beispiel zeigte sich bei einer Studie wie Touristen die Erhöhung der Grimselstaumauer wahrnehmen, dass die Wasserkraft gar nicht als grüne Energie betrachtet wird. Sie ist nicht so positiv und innovativ behaftet wie Wind, Sonne oder Biomasse. Eine andere WSL-Studie zeigte auf, dass sich Fotovoltaik auf Dächern relativ konfliktfrei realisieren liesse, während es für Windkraft nur wenige Flecken mit geringem Konfliktpotenzial gibt.

Wie könnten solche Erkenntnisse in die Umsetzung der Energiewende einfließen?

AB: Das Problem ist, dass Forscher und Unternehmer, aber auch Politiker völlig unterschiedliche Sprachen reden. Es bräuchte ein nationales Netzwerk, das interdisziplinäres Wissen oder Technologien aus dem Energiebereich für die Wirtschaft nutzbar macht. Dieses sollte das gegenseitige Verständnis fördern und die verschiedenen Branchen vereinen, die den Energieumbau in die Tat umsetzen.

RI: Und irgendwie sollte man es schaffen, aus den Rollenbildern und ideologischen Grabenkriegen herauszukommen – wer ist für erneuer-



Damit die Energiewende gelingen kann, braucht es nicht nur flexible Strom-, sondern vor allem auch Kommunikations-Netze.


bare Energien, wer für Atomkraft – wie sie im Parlament im Gange sind.

AB: Um das Gesamtbild quasi aus der Vogelperspektive sehen zu können, müssen sich die einzelnen


Forschungsdisziplinen stärker untereinander verständigen.

Die Energiewende zwingt zur Zusammenarbeit, wenn man sie sinnvoll umsetzen will. *(bki)*

«Der grosse Haken ist für mich, dass man noch nicht weiss, wie man die Energiewende in die Gesellschaft und die Wirtschaft hineinbringen soll.»

A large pile of cut logs and branches in a forest. The logs are stacked haphazardly, with many showing signs of insect damage, including holes and peeling bark. The surrounding area is filled with more cut wood and branches, creating a dense and cluttered scene. The background shows a dense forest of green trees under a bright sky.

Energieholz-Lager sind für Totholz bewohnende Käfer als Brutplatz sehr attraktiv. Wenn das Holz gehackt wird, entpuppen sich die Lager aber als tödliche Fallen für die Larven.



Der Wald wird heute wieder verstärkt als Lieferant von Energieholz genutzt. Dies kann zu Konflikten mit Naturschutzanliegen führen. Besonders Totholzwohner geraten unter Druck.

Eine WSL-Pilotstudie in Buchenwäldern zeigt: Die Fallenwirkung von Energieholzlagern ist in dunklen Wäldern grösser als in hellen und hängt zusätzlich von der Dimension und Schichtung der Holzstücke ab.

Energieholz-Lager in einem Buchenwald bei Birmensdorf.

Biomasse für die Schweizer Energiewende. Die WSL untersucht innerhalb der nationalen Energie-Kompetenzzentren die Energiepotenziale der Biomasse. Der Fokus liegt nicht nur auf Holz, sondern auch auf unverholzter Biomasse.

Es ist friedlich in der Parkanlage im Herzen von Zürich. Junge Leute sitzen in Grüppchen auf dem Rasen am Platzspitz und geniessen die morgendlichen Sonnenstrahlen. Gegenüber dreht ein Angestellter von Grün Stadt Zürich mit einem Rasenmähertraktor seine Runden. So wie er und seine Kollegen das in sämtlichen Grünanlagen der Stadt regelmässig tun, damit die Sonnenhungrigen den Rasen nutzen können. Eine ganze Menge an Gras, die so jährlich zusammenkommt. Doch was geschieht mit dieser Biomasse?

Der Geograf und Raumplaner Georg Müller hat sich für seine Studie an der WSL zum Ziel gesetzt, herauszufinden, wieviel sogenanntes Landschaftspflegegrün im Kanton Zürich anfällt und wie dieses verwertet wird. Dabei untersuchte er nicht nur Rasenschnitt aus Parks oder anderen öffentlichen Grünflächen im Siedlungsgebiet, sondern auch das unverholzte Schnittgut, das bei der Pflege von Naturschutzgebieten oder beim Mähen entlang von Strassen oder Eisenbahnlinien anfällt. Dabei interessierte ihn vor allem, in welchem Masse sich diese «pflanzlichen Abfälle» nutzen lassen, um daraus Energie zu gewinnen.

«Im Rahmen der Energiewende spielen erneuerbare Energieträger eine immer wichtigere Rolle. Da kann auch die Biomasse ihren Teil dazu beitragen»,



Beim Mähen von Strassenrändern entlang von Autobahnen und Kantonsstrassen fällt einige Biomasse an, die energetisch nutzbar wäre.

sagt Georg Müller. Sämtliche Biomasse lässt sich nämlich auch energetisch verwerten. Entweder wird sie verbrannt und produziert dadurch Wärme, oder sie wird zu Biogas vergärt. Der Biogasproduktion liegen Fäulnisprozesse zugrunde, die sich in Mooren und am Seegrund natürlicherweise abspielen: Mikroorganismen bauen organische Substanz unter Luftabschluss ab, und es bildet sich Biogas. In einem Reaktor lässt sich dieses sammeln und in einem Kraftwerk in Strom umwandeln oder nach einer speziellen Aufbereitung ins Erdgasnetz einspeisen. Auch das Schnittgut vom Platzspitz wandert jede Woche in die städtische Biogasanlage.

Strom für 5000 Haushalte

Natürlich macht das Landschaftspflegegrün nur einen kleinen Teil der energetisch nutzbaren Biomasse aus. Trotzdem ist diese Art der Energieerzeugung in anderen Ländern schon lange ein Thema. Deutschland subventioniert sie gar mit finanziellen Mitteln aus der Staatskasse. In der Schweiz hingegen wird über die energetische Nutzung von krautiger Biomasse noch wenig diskutiert. Mit seiner Arbeit wollte Georg Müller das ändern. Doch das war nicht seine einzige Motivation: «Wenn wir die Biomasse energetisch nutzen, die bei der Pflege von Naturschutzflächen sowieso anfällt, können wir die Anliegen des Naturschutzes und des Klimaschutzes miteinander verbinden.» Aus Sicht des Klimaschutzes bedeutet das, dass bei der Umwandlung der Biomasse zu Energie kein zusätzliches CO₂ in die Luft gelangt. Und für den Naturschutz, dass ein regelmässiges Mähen und Abtransportieren des Schnittguts die Vielfalt der Pflanzen- und Tierwelt beispielsweise auf Streuwiesen fördert.

Um herauszufinden, wie viel Landschaftspflegegrün im Kanton Zürich tatsächlich vorhanden ist und wie viel Energie sich daraus gewinnen liesse, stützte Georg Müller sich auf vorhandene Datenbanken, zum Beispiel auf Flächenin-

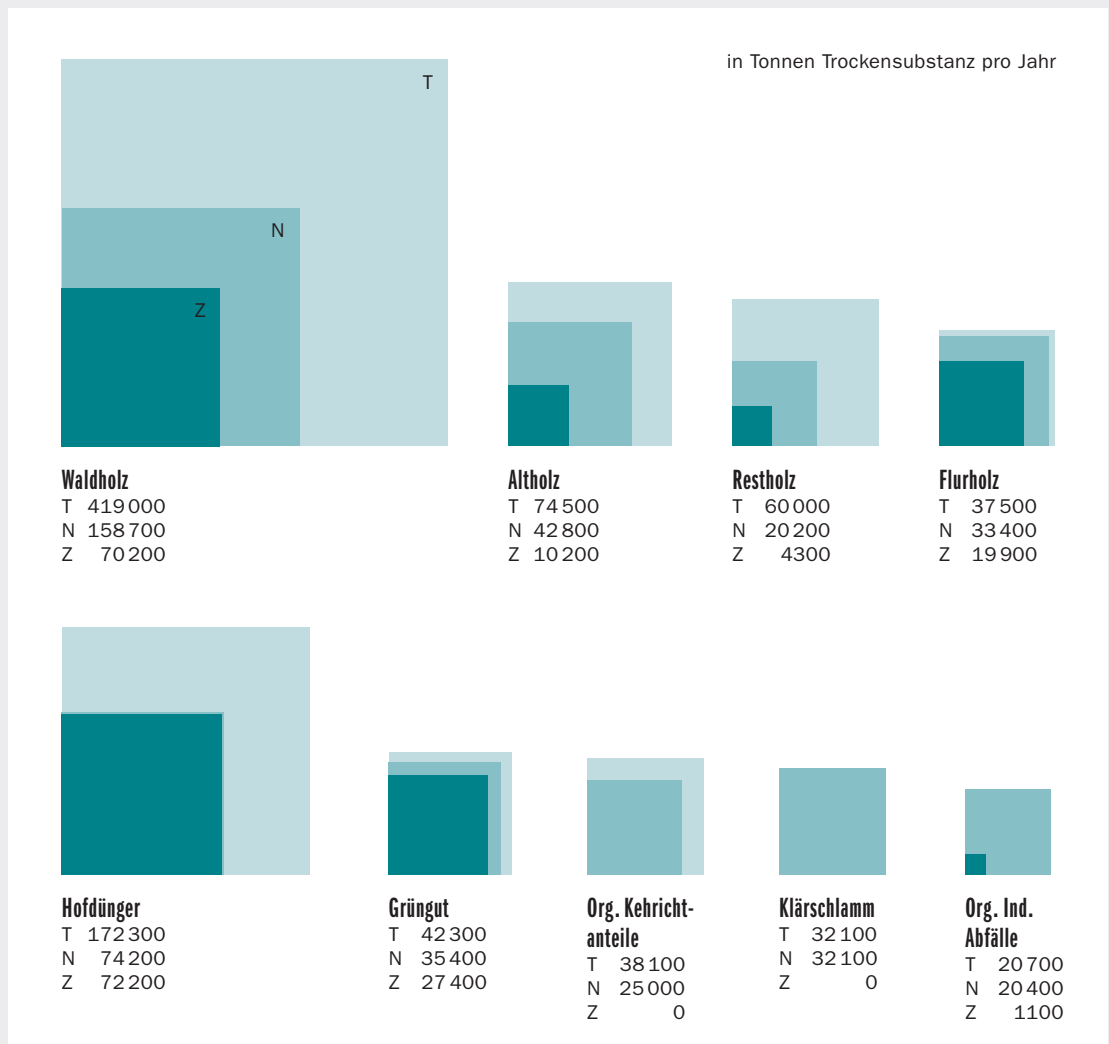
Bericht zur Studie
«Energie aus
Landschaftspflege-
grün»:
[www.wsl.ch/more/
landschaftspflege-
gruen](http://www.wsl.ch/more/landschaftspflege-gruen)



Der gesammelte Bioabfall wird auf eine Korngrösse von maximal 6 cm zerkleinert und dem Biogasfermenter zugeführt. Dort findet die industrielle Umwandlung von unverholzter Biomasse in Biogas statt.

INFOGRAFIK Energetisch nutzbare Biomasse im Kanton Aargau

Die WSL untersuchte für alle Biomasse-Typen, wie viel Tonnen Trockensubstanz im Kanton Aargau bis 2050 theoretisch pro Jahr anfallen und nach heutiger Sicht nachhaltig energetisch nutzbar sind. Nach Abzug der heute bereits genutzten Biomasse, errechnete sie ausserdem das in Zukunft zusätzlich nutzbare Energiepotenzial. Alle Biomassetypen weisen zusätzlich nutzbares Potenzial auf. Mit Abstand das grösste Potenzial haben das Waldholz und der Hofdünger.



WALDHOLZ: Alle Holzsortimente, die direkt aus dem Wald für die energetische Nutzung bestimmt sind. **ALTHOLZ:** Holz aus Unterhalt und Umbau von Gebäuden **RESTHOLZ:** Produktionsabfälle aus Betrieben, die Rohholz be- und verarbeiten. **FLURHOLZ:** Alle verholzten Baum- und Buschteile aus der offenen Flur und den Siedlungsgebieten. **HOFDÜNGER:** Gülle und Mist aus Tierhaltung **GRÜNGUT:** Alle kommunal gesammelten, nicht verholzten Überreste aus der Gartenpflege etc. sowie Speisereste aus Haushalten. **ORGANISCHE KEHRICHTANTEILE:** Überreste von Nahrungsmitteln oder Pflanzen sowie weitere Abfälle organischen Ursprungs (Papier, Karton, Kork etc.) **KLÄRSCHLAMM:** Biogene und organische Bestandteile des Abwassers. **ORGANISCHE INDUSTRIEABFÄLLE:** Rückstände aus der Lebensmittelverarbeitung, Gastronomie- und Fleischverarbeitungsabfälle.

- T Theoretisches Potenzial: gesamte Biomasse
- N Nachhaltiges Potenzial: Theoretisches Potenzial abzüglich der Energiemenge, die aufgrund von technischen, ökologischen, politischen, rechtlichen oder wirtschaftlichen Einschränkungen nicht genutzt werden kann.
- Z zusätzlich nutzbares Potenzial: Nachhaltiges Potenzial abzüglich des bereits genutzten Potenzials

ventare der verschiedenen Lebensräume. Wo keine Daten vorhanden waren, führte er Interviews mit Fachleuten aus dem Unterhalt der verschiedenen Grünräume durch. Damit er auch Aussagen machen konnte, die über den Kanton Zürich hinausgehen, rechnete er die Zahlen anschliessend für die ganze Schweiz hoch. Dabei zeigte sich: Wenn wir das Landschaftspflegegrün der gesamten Schweiz energetisch verwerteten, liesse sich damit der jährliche Strombedarf von rund 25 000 Haushalten decken. Doch Georg Müller schränkt ein: «Heute nutzen Landwirte etwa 40 bis 50 Prozent des Landschaftspflegegrüns als Tierfutter oder Streu, vor allem Schnittgut aus Naturschutzgebieten. Dieses für die Energiegewinnung zu verwenden, wäre wenig sinnvoll, da es bereits auf nachhaltige Weise genutzt wird.»

Dasselbe gilt für den Rasenschnitt, der als Mulch liegenbleibt, wie das in einigen Parkanlagen praktiziert wird. Das kann wirtschaftlich und ökologisch von Vorteil sein, lässt sich auf diese Weise doch Dünger sparen. Georg Müller hat deshalb solche Flächen ausgeklammert und nur das nachhaltig nutzbare energetische Potenzial von Landschaftspflegegrün berechnet (für Potenzialbegriffe s. auch Infografik). Für die ganze Schweiz hochgerechnet liegt dies bei rund 90 000 Gigajoule, womit ungefähr 5000 Haushalte ihren Strombedarf decken könnten. Das grösste Potenzial ortet Georg Müller beim Strassenbegleitgrün entlang von Autobahnen und Kantonsstrassen. Der Unterhaltsdienst transportiert dieses aus Sicherheitsgründen bereits heute ab, da das Material sonst auf die Strasse geweht wird oder Abflüsse verstopft.

Biomasse wird in Zukunft wichtiger

Auch wenn das Landschaftspflegegrün nur einen kleinen Beitrag zur Energiegewende leisten kann, ist Georg Müller überzeugt, dass Biomasse als Energieträger in Zukunft an Bedeutung gewinnen wird. Eine Aussage, der sich Oliver Thees nur anschliessen kann. Er leitet an der WSL die Forschungsgruppe Forstliche Produktionssysteme. Zusammen mit Vanessa Burg, Matthias Erni und Renato Lemm untersucht er im Rahmen des Kompetenzzentrums BIOSWEET, welche Rolle die Biomasse im zukünftigen Schweizer Energiesystem spielen könnte. Als Teil der Energiestrategie 2050 bauten die Kommission für Technologie und Innovation KTI und der Schweizerische Nationalfonds SNF acht Kompetenzzentren für Energieforschung auf, die Swiss Competence Centers for Energy Research (SCCER). Das SCCER BIOSWEET (BIOmass for SWiss EnErgy fuTure) ist eines davon.

Die Vision, die Oliver Thees und die anderen Forschenden aus insgesamt neun Institutionen verfolgen: Bis 2050 soll sich die Energieversorgung aus Biomasse ungefähr verdoppeln. Die meisten Institutionen innerhalb vom SCCER BIOSWEET legen ihren Fokus auf Technologieforschung; sie untersuchen, wie sich Biomasse in Zukunft effizienter in Strom, Biogas oder flüssige Treibstoffe umwandeln lässt. Das WSL-Team um Oliver Thees nimmt die einzelnen Biomasse-Ressourcen und ihre Verfügbarkeit für energetische Zwecke genauer unter die Lupe. Einerseits ist da die verholzte Biomasse. Dazu zählt nicht nur das Waldholz – zum Beispiel Baumkronen, Äste oder dünne Stämme, die nicht für die Industrie verwendet werden. Auch Holz aus dem Unterhalt von Bäumen und Sträuchern, die in Siedlungsgebieten wachsen, oder von Strassen- oder Uferböschungen (Flurholz) lässt sich energetisch nutzen. Genauso wie Holz aus

Informationen zum
SCCER-BIOSWEET
auf:
[www.wsl.ch/more/
biosweet](http://www.wsl.ch/more/biosweet)

Gebäudeumbauten (Altholz) oder Produktionsabfälle aus Sägereien oder Zimmereien (Restholz). Andererseits gibt es auch nicht verholzte Biomasse. Neben dem oben beschriebenen Landschaftspflegegrün zählen dazu auch Hofdünger, landwirtschaftliche Ernteabfälle, Grünabfälle aus Haushalt, Garten und Industrie sowie Klärschlamm. Da alle Biomassetypen in Bezug auf Menge und Energiegehalt sehr verschieden sind, gilt es zuerst einmal, eine vergleichbare Basis zu schaffen. Das Forscherteam berechnet für alle Typen, wieviel Tonnen Trockensubstanz theoretisch und tatsächlich nachhaltig nutzbar vorhanden sind und errechnet ihr Energiepotenzial für die Zukunft – aufgeschlüsselt für alle Regionen der Schweiz. Oliver Thees: «Diese Zusammenstellung erlaubt es uns erstmals, die Biomassen miteinander zu vergleichen und abzuleiten, wo heute und in Zukunft energetisch am meisten herauszuholen ist» – eine wichtige Entscheidungsgrundlage für Politiker oder Betreiber von Biomassekraftwerken.

Die erste Phase des Forschungsprojektes ist Ende 2016 abgeschlossen. Bis dahin werden die Daten für alle Biomassetypen vorliegen. Im zweiten Teil wird das Team verschiedene Energieszenarien definieren und simulieren, wie sich diese Typen auf der Basis der SCCER BIOSWEET-Projektdateien bis 2050 entwickeln werden. Aus einer Vorstudie lassen sich jedoch bereits jetzt erste Schlüsse ziehen: Im Forschungsprojekt «Erneuerbare Energien Aargau» (s. auch Diagonal 2/15) untersuchte eine Mitarbeiterin von Oliver Thees die Biomassen im Kanton Aargau auf ähnliche Art, wie dies nun beim SCCER BIOSWEET für die ganze Schweiz geschieht. Dort zeigte sich, dass Waldholz und Hofdünger die grössten energetisch nutzbaren Biomassepotenziale aufweisen (s. Infografik). Der Vergleich mit den anderen erneuerbaren Energien im Aargau ergab, dass der Beitrag der Biomasse zur erneuerbaren Energieversorgung rein mengenmässig wohl auch in Zukunft bescheiden bleiben wird. Für Oliver Thees aber kein Grund, die Hände in den Schoss zu legen: «Biomasse ist im Gegensatz zu Sonne oder Wind speicherbar und so zeitlich flexibel verfügbar, um schwankende Energiemengen aus Sonne und Wind auszugleichen. Zudem lassen sich daraus als einzigem erneuerbaren Energieträger sowohl Wärme und Strom als auch Treibstoff gewinnen. Deshalb bin ich überzeugt, dass die Biomasse in Zukunft, trotz geringer Mengen, im Gesamtenergiesystem eine bedeutendere Rolle als heute spielen wird.»

(chu)

Bericht zur Studie
«Erneuerbare
Energien Aargau»:
[www.wsl.ch/more/
energiestudie_
aargau](http://www.wsl.ch/more/energiestudie_aargau)

- | | |
|---|---|
| 1 Umleitung von Wasserressourcen | 18 Fischwanderung |
| 2 Einstaufläche | 19 pH-Wert des Wassers |
| 3 Lawinen und Erdbeben | 20 Wassertemperatur |
| 4 Gletscher- und Permafrost-Schwund | 21 Ufererosion |
| 5 Tourismus und Freizeit | 22 Dürre und Trockenheit (Vorsorge) |
| 6 Verlandung des Stauraums | 23 Chemische Zusammensetzung des Wassers |
| 7 Energiespeicherung, Wasserrückhalt und Abflussregulierung | 24 Finanzmärkte und Subventionen |
| 8 Habitatschutz | 25 Mitsprache der Bürger |
| 9 Ausgleich von variablen erneuerbaren Energien | 26 Gesetzgebung |
| 10 Umleitungsstollen für Sedimente | 27 Talsperren und Zufahrtstrassen |
| 11 Beschneiungsanlagen | 28 Hartholzauen |
| 12 Infrastruktur des Stromnetzes | 29 Grundwasser |
| 13 Betrieb Pumpspeicherkraftwerk (turbiniieren, pumpen) | 30 Trinkwasser |
| 14 Kies-/Sedimententnahme | 31 Bewässerung |
| 15 Geschiebeanreicherung | 32 Stilllegung der Kernkraftwerke |
| 16 Auen und Flussuferhabitate | 33 Hochwasser(-schutz) |
| 17 Ausgleichsbecken | 34 Stromimporte und -exporte und Ausgestaltung der Energiepolitik |

INFOGRAFIK Pumpspeicherwerke – eine grüne Lösung?

Mit Wasserkraft werden heute rund 55 Prozent des Schweizer Stroms produziert – Tendenz steigend. Bau, Ausbau und Umbau von Wasserkraftanlagen sind umstritten, wo unterschiedliche Interessen aufeinanderprallen. Die WSL hat in einem Workshop mit verschiedenen Experten und Akteuren aus der Schweiz und Österreich diese Grafik entwickelt. Sie zeigt auf, welche Bereiche unserer Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft von der Wasserkraft- und Pumpspeicherkraftnutzung betroffen sind und was umgekehrt die Wasserkraftnutzung beeinflusst. Neben Konfliktpotenzial birgt diese erneuerbare Energie auch zahlreiche Chancen.



Erstmals publiziert unter Björn Gung et al. (2016) «Rethinking Pumped Storage Hydropower in the European Alps» in der Zeitschrift Mountain Research and Development 36(2). DOI: [dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00069.1](https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00069.1)

SONNE UND WIND **Mit erneuerbarer Energie in die Zukunft**

Die Produktion von Energie aus Wind und Sonne braucht Platz. Die WSL untersucht, welche Konflikte, aber auch Chancen sich in Zukunft dadurch ergeben können.

Zürich, beim Schaffhauserplatz im Kreis 6: Wie an vielen anderen Orten wird hier ein älteres Mehrfamilienhaus renoviert. Die Liegenschaft ist eingerüstet, überall arbeiten Handwerker. Betrachtet man das Gebäude genauer, fällt die Fassade auf. Dort, wo die mattgrauen Glasplatten noch nicht montiert sind, stehen Kabel hervor. Diese Fassade ist keine gewöhnliche. Sie ist mit Solarzellen ausgerüstet, die zusammen mit der Fotovoltaikanlage auf dem Dach Strom liefern, und zwar mehr, als die Bewohnerinnen und Bewohner verbrauchen werden.

Die Produktion erneuerbarer Energie braucht Platz. Im Fall des Mehrfamilienhauses ist dieser Platz vorhanden, und niemand wird sich an der eleganten Fassade stören. Doch oft kommt es zu Konflikten: An vielen Standorten, die sich grundsätzlich für die Produktion von erneuerbarer Energie eignen, würden durch den Bau von Windturbinen oder Solaranlagen andere Ökosystemleistungen geschmälert. So stünden weniger Flächen für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung, der ästhetische Wert einer Landschaft könnte sinken oder der Lebensraum für Tiere und Pflanzen schrumpfen (siehe Diagonal 2/13, S. 30).

Beschränkt man die Produktion auf konfliktarme Standorte, verringert dies das Gesamtenergiepotenzial erheblich. Eine Interessenabwägung ist also nötig, denn die Nutzung erneuerbarer Energieträger bietet auch grosse Chancen. Janine Bolliger und ihre Mitarbeitenden haben im Rahmen des Forschungsprogramms «Energy Change Impact» untersucht, wie viel Energie aus Wind und Sonne in der Schweiz mit geringen Landnutzungskonflikten produziert werden kann und welche Chancen sich dadurch wirtschaftlich ergeben. Für ihre Prognose haben die Forschenden drei zukünftige Landnutzungsszenarien und den erwarteten technologischen Fortschritt berücksichtigt.

Mehr Informationen:
[www.wsl.ch/more/
chancen-erneuerbare](http://www.wsl.ch/more/chancen-erneuerbare)

Chancen durch Verstädterung

Um herauszufinden, mit welchem technologischen Fortschritt in Zukunft zu rechnen ist, führten die Forschenden Interviews mit Fachleuten durch. Technologieexperten schätzen, dass Windturbinen bis 2035 auch bei tiefen Windgeschwindigkeiten effizienter arbeiten dürften als heute und dass sie sich in Zukunft einfacher transportieren und aufstellen lassen. Dies ermöglicht, auch in abgelegenen Regionen Windturbinen aufzustellen. Auch die Effizienz von Solarzellen dürfte um mindestens 20 Prozent gegenüber heute zunehmen. Attraktiver, farbiger oder unsichtbar werden Solarzellen zukünftig zu einer höheren Akzeptanz in der Bevölkerung führen.

Der gewagte Blick ins Jahr 2035: Die Solarenergie kann in Zukunft besser genutzt werden, da die überbaute Fläche in der Schweiz in allen Landnut-

zungsszenarien zunehmen wird. Dank mehr Dach- und Fassadenflächen für das Anbringen von Solarzellen dürfte das Potenzial der Solarenergie 2035 um 20 bis 50 Prozent höher sein als 2009, abhängig vom gewählten Landnutzungsszenario. Konflikte gibt es wenige, insbesondere wenn man davon ausgeht, dass zum Beispiel neue Generationen von Solarzellen unsichtbar zwischen Glasscheiben Strom produzieren werden. Die Solarenergie dürfte in Zukunft also einen höheren Beitrag leisten, die prognostizierte Energielücke zu füllen, als bisher angenommen.

Anders sieht es beim Windenergiepotenzial aus, da Windturbinen eher Konflikte auslösen als Solaranlagen (Lärm, Ästhetik, Naturschutz). Hier unterscheidet sich das Gesamtenergiepotenzial schon heute massiv vom konflikt-



Die Fotovoltaik-Fassade dieses Hochhauses in Zürich Leimbach liefert rund 85 000 kWh pro Jahr und deckt so einen Drittel des Stroms, den die Bewohner konsumieren.

armen Energiepotenzial, und das wird sich wohl auch in Zukunft trotz technologischen Innovationen nicht ändern. Da sowohl Siedlungs- als auch Waldflächen bis 2035 zunehmen werden, wird es zudem weniger geeignete Standorte für Windräder geben. Durch verbesserte Effizienz der Windturbinen kann dieser Verlust zwar wettgemacht werden, doch in allen zukünftigen Landnutzungsszenarien bleibt der Unterschied zwischen möglichem und konfliktarmem Energiepotenzial gross und damit vergleichbar zur heutigen Situation.

Für vier ländliche Regionen der Schweiz (Surselva, Goms, Oberes Emmental und Val de Ruz) schätzten die Forschenden zudem ab, wie die lokale Wirtschaft von der Nutzung der Wind- und Solarenergie profitiert. Die Wertschöpfung ist zwar in den Regionen unterschiedlich, bleibt aber überall unter fünf Prozent des heutigen Wertes. Grund dafür ist die Tatsache, dass die Anlagen mehrheitlich im Ausland hergestellt werden und so den Regionen nur wenig Umsatz, etwa im Unterhalt, einbringen.

Optimale Standorte lassen sich berechnen

Hat Windenergie also keine Chance? Bolliger schränkt ein: «Unsere Ergebnisse gelten für die Schweiz, in der die ‹Schönheit› der Landschaft einen hohen Stellenwert hat. Viele wollen heute eine Landschaft ohne optisch und akustisch störende Windräder, doch die gesellschaftliche Akzeptanz könnte sich in Zukunft ändern.» Klar ist, dass nicht alle infrage kommenden Standorte für Windturbinen auch geeignet sind. «Optimal ist ein Standort, an dem der Gewinn durch die produzierte Windenergie dem Verlust an Ökosystemleistungen mindestens die Waage hält», sagt Felix Kienast, Leiter des Zentrums Landschaft und Professor für Landschaftsökologie an der ETH, «entsprechende Abschätzungen erleichtern natürlich die Standortsuche und den Bauentscheid.» Möglich macht solche Vergleiche eine Optimierungssoftware. Mit ihr haben Kienast und seine Kollegen Standorte für Windturbinen errechnet, an denen möglichst wenig Ökosystemleistungen verloren gehen, gleichzeitig aber die grösstmögliche Energieleistung erbracht werden kann. So kann die Anzahl störender Windturbinen denkbar klein gehalten werden.

Am Schaffhauserplatz in Zürich waren keine Konfliktabwägungen nötig. Im Herbst 2016 soll das Mehrfamilienhaus fertig umgebaut sein und Strom produzieren. Noch wird seine glatte Fassade herausstechen aus den Nachbarhäusern mit ihren verputzten Mauern – doch vielleicht nicht mehr lange. (*lbo*)

Doris Schneider Mathis,
Birmensdorf

«Wenn mir als Heimweh-
bündnerin die Nebel-
decke auf den Kopf fällt,
finde ich Weitblick in der
Nähe meines Wohnorts
Bonstetten. Auf ausge-
dehnten Spaziergängen
in der Hochebene
Feldenmas erfahre ich
die Stille und Geborgen-
heit der umliegenden
Wälder.»

INSEKTEN GANZ GROSS

Bei der Arbeit von Doris Schneider Mathis dreht sich alles um Insekten. Die technische Mitarbeiterin betreut Insektenaufnahmen im Feld und bestimmt die gefangenen Insekten unter dem Bino-
kular. Sie bildet Biologielaboranten-Lehrlinge im

Bereich Insektenkunde aus und arbeitet Prakti-
kantinnen und Praktikanten in dieses faszinie-
rende Fachgebiet ein. «Ich arbeite gerne mit jun-
gen Menschen zusammen, das bereichert meinen
Arbeitsalltag.»

WALD Eiche oder Eiche? Genetik hilft bei der Artbestimmung



Eine Blattprobe von Eichen zu nehmen, ist gar nicht so einfach.

Es ist kompliziert: Stieleichen haben sehr kurze Blattstiele und Öhrchen am Blattgrund. Die Blätter der Traubeneiche weisen keine Öhrchen auf, dafür unterseits Sternhaare – ähnlich wie die Flaumeichen-Blätter, die aber Büschelhaare tragen. Selbst Fachleute können Eichen nicht immer zuverlässig bestimmen, zumal sich die Arten auch kreuzen. Da die drei Eichenarten mit zukünftigen Klimabedingungen wie Trockenheit unterschiedlich gut klarkommen dürften, ist die korrekte Artbestimmung für Forschung und Waldbewirtschaftung aber wichtig.

Christian Rellstab untersuchte im Rahmen des Forschungsprogramms «Wald und Klimawandel» von BAFU und WSL, ob genetische Marker, Blattmerkmale (Blattmorphologie) oder eine Kombination von beiden die zuverlässigste Artbestimmung erlaubt. Er und seine Mitarbeitenden sammelten in 71 Eichenbeständen Blätter von jeweils 20 Bäumen. Diese verwendeten sie, um im Labor den genetischen Fingerabdruck der Bäume zu untersuchen und unter dem Binokular Merkmale zur Form, zum Verlauf der Blattadern sowie zu den Härchen auf der Blattunterseite zu erfassen.

Die zuverlässigste Unterscheidung lieferte die Kombination von Genetik und Blattmerkmalen. «Viele betrachten traditionelle morphologische Methoden und Genetik als Gegensatz», erklärt Rellstab, «aber bei Arten, die sich kreuzen und äusserlich ähnlich sind, ergänzen sie sich.» Allerdings empfiehlt seine Studie auch, sich auf die Genetik zu beschränken, falls sie sowieso untersucht wird. Morphologische Untersuchungen sind nämlich aufwendig, und rein genetische Analysen liefern fast so gute Resultate wie die Kombination der Methoden. Ausserdem zeigen gekreuzte Bäume nicht immer intermediäre morphologische Merkmale – genetische Analysen hingegen schaffen Klarheit. *(bio)*

A.R. Pluess, S. Augustin, P. Brang, P. (Red.):
*Wald im Klimawandel. Grundlagen für
Adaptationsstrategien.*
Erscheint im Dezember 2016, Haupt Verlag

WALD Sind Buchen aus inneralpinen Trockentälern an Trockenheit angepasst?

Im Schweizer Mittelland ist etwa jeder vierte Waldbaum eine Buche, im Jura sogar jeder dritte. Damit ist die Buche in den tieferen Lagen der Schweiz (kolline und untere montane Höhenstufen) die häufigste Baumart unseres Landes. Aber sie könnte in Zukunft ein Problem haben: Die Buche gilt als schlecht gerüstet für künftige Klimabedingungen, da sie mit extrem trockenen Sommern nicht gut klarkommt. Die Ökophysiologen Marcus Schaub und Matthias Arend interessierten sich daher für Buchen, die seit Langem an trockenen Standorten wachsen, aber auch an die klimatischen Bedingungen im Schweizer Winter angepasst sind. Können sie vielleicht als Stammeltern für zukünftige Buchengenerationen dienen, wenn es im Schweizer Mittelland trockener wird?

Matthias Arend verpflanzte im Frühling 2011 junge Buchen aus trockenen, inneralpinen Waldbeständen des Rhone- und Rheintals in die Modellökosystem-Anlage (MODOEK) in Birmensdorf – eine Versuchsanlage, in der die Bodentrockenheit genau gesteuert werden kann. Zum Vergleich verpflanzte Arend auch Buchen von deutlich feuchteren Waldbeständen, ebenfalls aus dem Rhone- und Rheintal. In den Sommern 2013 und 2014 durchlebte die Hälfte der Bäume eine künstliche, kontrollierte Sommertrockenheit, während die andere Hälfte unter feuchteren Bedingungen wuchs. Die Forscher untersuchten, wie die Bäume während und nach der Trockenheit wuchsen, ob sich ihr Stoffwechsel veränderte und wie sie sich jahreszeitlich entwickelten. Wie erwartet ging die Fotosyn-

theseleistung der Bäume aus trockenen Waldbeständen weniger stark zurück, und sie erholten sich nach der Trockenheit schneller. Zudem war ihr jährliches Stammwachstum weniger stark beeinträchtigt. Ein erstaunliches Ergebnis: Bäume aller Herkünfte zeigten nach der Trockenheit eine höhere Fotosyntheseleistung als solche, die immer genug Wasser gehabt hatten. Sie konnten so einen Teil der erlittenen Einbussen kompensieren. «Damit hatten wir nicht gerechnet», sagt Marcus Schaub.

Die vorsorgliche Anpassungsstrategie gemäss Waldpolitik 2020 empfiehlt Waldbewirtschaftern, trocken-tolerante Baumarten und Herkünfte zu verwenden. Dieser Versuch zeigt, dass es bei den Schweizer Buchen Herkünfte gibt, die dafür geeignet sein könnten. *(bio)*



In der Modellökosystemanlage wachsen Bäume unter naturnahen, aber experimentell veränderbaren Bedingungen.

BIODIVERSITÄT Fernerkundung ermöglicht flächendeckende Analyse von Waldstrukturen und Biodiversität

Wälder faszinieren Florian Zellweger seit seiner Kindheit. Während seines Geografiestudiums an der Universität Zürich setzte er sich vertieft mit der Vielfalt unserer Wälder auseinander und lernte gleichzeitig, mit geografischen Informationssystemen und Fernerkundungsdaten umzugehen – eine Kombination, die er in seiner Doktorarbeit an der WSL optimal einsetzen konnte.

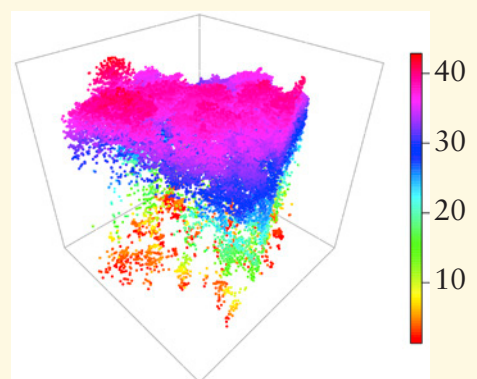
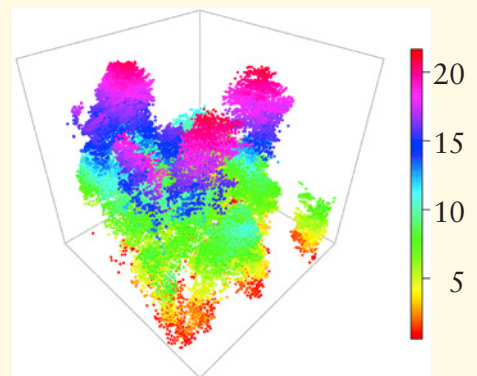
Nicht jeder Wald ist gleich vielfältig. Verschiedene Faktoren beeinflussen die Biodiversität im Wald, so etwa das Klima, die Bodeneigenschaften oder die Struktur des Waldes. Je vielfältiger die Struktur, umso mehr unterschiedliche Kleinlebensräume stehen Tieren und Pflanzen zur

Verfügung. Im Feld lassen sich Daten zur Waldstruktur, etwa wie die Bäume und Sträucher verteilt sind oder wie viel Licht den Boden durch das Baumkronendach hindurch erreicht, nur mit grossem Aufwand erheben.

Einfacher geht es heute aus der Luft: In regelmässigen Zeitabständen werden grosse Teile der Schweiz vom Flugzeug aus mittels Laserscanning erfasst. So sind riesige LiDAR-Datensätze (Light Detection And Ranging) zur Oberflächenstruktur der Landschaft vorhanden. Das Potenzial der Daten liegt zum Teil brach: «Die 3D-Daten können auf unterschiedlichste Weise genutzt und mit anderen Daten verknüpft werden. Gerade im Bereich Biodiversität geschieht



Ein Bergwald (oben) und ein Buchenwald (unten) mit der entsprechenden LiDAR-Punktwolke, die die dreidimensionale Waldstruktur darstellt.



dies aber noch viel zu selten», sagt Zellweger.

Auf die Struktur kommt es an

Zellweger wollte in seiner Arbeit herausfinden, ob sich mit LiDAR-Datensätzen die Biodiversität im Wald voraussagen lässt. «Daten zur Waldstruktur sind insofern wichtig, da sich die Struktur eines Waldes durch forstliche Eingriffe beeinflussen lässt», erklärt Zellweger. «Wenn wir also wissen, welche Strukturen die Biodiversität fördern, können wir entsprechende Empfehlungen für die Waldbewirtschaftung abgeben.» Um dies herauszufinden, verband er Daten zur Vielfalt und zu den Lebensräumen einzelner Artengruppen mit LiDAR-Daten. Seine Resultate sind erfreulich: Er konnte unter anderem zeigen, dass sich das Vorkommen vieler Schmetterlinge gut mit Waldstrukturdaten voraussagen lässt. Je vielfältiger die Strauchschicht in einem Wald, beispielsweise entlang gut strukturierter Waldränder, umso höher ist die Schmetterlingsvielfalt. In den Sträuchern finden viele Schmetterlinge und ihre Raupen Nahrung und Schutz.

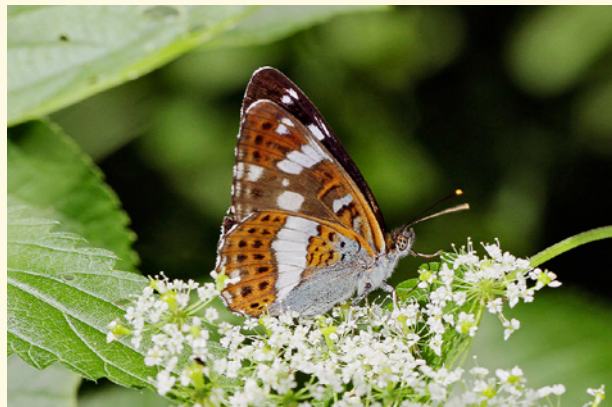
Am Beispiel der Fledermäuse konnte Zellweger ausserdem zeigen, dass die Waldstruktur auch bestimmt, wie die verschiedenen Arten ihren Lebensraum nutzen. So waren etwa Fledermausarten, die oft im Waldesinneren anzutreffen sind, weniger aktiv in Waldbeständen mit senkrecht durchgehend dichtem Blattwerk und vielen Ästen. Diese Strukturen stören die Echolokationsrufe und somit die Orientierung der Fledermäuse.

Mehrwert durch neue Verknüpfungen

Waldstrukturdaten aus der Fernerkundung sind also gut geeignet, die

Biodiversität in Schweizer Wäldern flächendeckend voraussagen. Vorteil dieser Methode: Sie ist günstiger als Aufnahmen von Waldstrukturen im Feld und lässt sich auf beliebig grosse Gebiete anwenden. Auch Veränderungen in den Wäldern, etwa durch Sturmereignisse oder forstliche Eingriffe, lassen sich so einfach feststellen. Und Zellweger ist sicher: «Die Inwertsetzung der Datensätze aus der Fernerkundung ist noch lange nicht abgeschlossen.» (lbo)

www.wsl.ch/more/waldstruktur



Eine strukturreiche Strauchschicht fördert die Schmetterlingsvielfalt. Im Bild ein Kleiner Eisvogel.

BIODIVERSITÄT Mit Ultraschallsensoren Pflanzen wachsen «hören»



Vegetationsaufnahmen an der automatischen Wetterstation «Hinterrhein – Alp Piänetsch» in Graubünden.

Automatische Wetterstationen messen unter anderem Wind, Temperatur und Schneehöhe. Aber diese IMIS-Stationen können noch mehr: Seit den 1990er-Jahren erfassen ihre Ultraschallsensoren auch, wie stark die Pflanzen im Umkreis von etwa 75 cm unterhalb des Sensors wachsen. Mit diesem einzigartigen Datensatz von rund 130 Stationen rekonstruieren Forschende von SLF, WSL und der Uni Neuchâtel, wie sich die Vegetation während der letzten 20 Jahre entwickelt hat und wie alpine Pflanzen in Zukunft auf die Klimaerwärmung reagieren werden.

Erste Resultate zeigen, dass die Dauer der Schneebedeckung bei allen untersuchten Stationen in den letzten Jahrzehnten deutlich abnahm – in erster Linie, da der Schnee im Früh-

ling früher schmolz. Die Pflanzen reagierten entsprechend auf die veränderten Umweltbedingungen: Der Beginn ihres Wachstums korrelierte stark mit dem Datum der Schneeschmelze, unabhängig von der Höhenlage der Station, das heisst, je früher die Fläche ausaperte, desto eher erwachten die Pflanzen aus ihrer Winterruhe. In Jahren mit früherer Schneeschmelze entwickelten sich Pflanzen aber eher langsamer, als wenn der Schnee spät schmolz. Verantwortlich für den beobachteten Effekt zeigten sich die Lufttemperaturen: Diese waren früher im Jahr nicht hoch genug, um den Pflanzen genügend Wärme für ihr Wachstum liefern zu können. (chu)

www.slf.ch/more/imis-vegetation

LANDSCHAFT Was Gemeinden gegen die Zersiedelung unternehmen

Das Siedlungsgebiet der Schweiz nahm allein zwischen 1985 und 2009 um die Fläche des Genfersees zu. Vollerorts entsteht ein Siedlungsbrei, Agrarland geht verloren, Energieverbrauch und Infrastrukturkosten steigen. Eine Schlüsselrolle im Kampf gegen die Zersiedelung spielen die Gemeinden: Sie müssen sich im Rahmen der kantonalen Richtpläne entwickeln und dabei die unterschiedlichsten Interessen unter einen Hut bringen.

Unterstützt durch das Nationale Forschungsprogramm «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (NFP 68) haben WSL-Forschende Antworten von 1619 Gemeinden hinsichtlich der Frage ausgewertet, mit welchen Massnahmen und Organisationsstrukturen diese in den letzten Jahrzehnten ihren Boden geplant und entwickelt haben. Die häufigsten Massnahmen zielen auf verdichtetes Bauen und die strategische Entwicklung der Gemeinden ab. Oft bestimmen Gemeinden, dass Parzellen höher und dichter bebaut werden dürfen oder gar sollen, oder sie legen Freihaltezonen fest, die offene Grünflächen schützen.

Grosse Gemeinden steuern die Überbauung grösserer Gebiete häufig mit Sondernutzungsplänen und Architekturwettbewerben. Vor allem in jüngerer Zeit wird die Neueinzonung eingeschränkt, wenn auch nur selten. Kleine Gemeinden versuchen eher, Baulücken im Ortsinneren zu füllen, statt am Rand weiterzuwachsen. Dies geschieht etwa mit der Pflicht, in die Bauzone aufgenommene Flächen innert einer gewissen Frist zu überbauen.

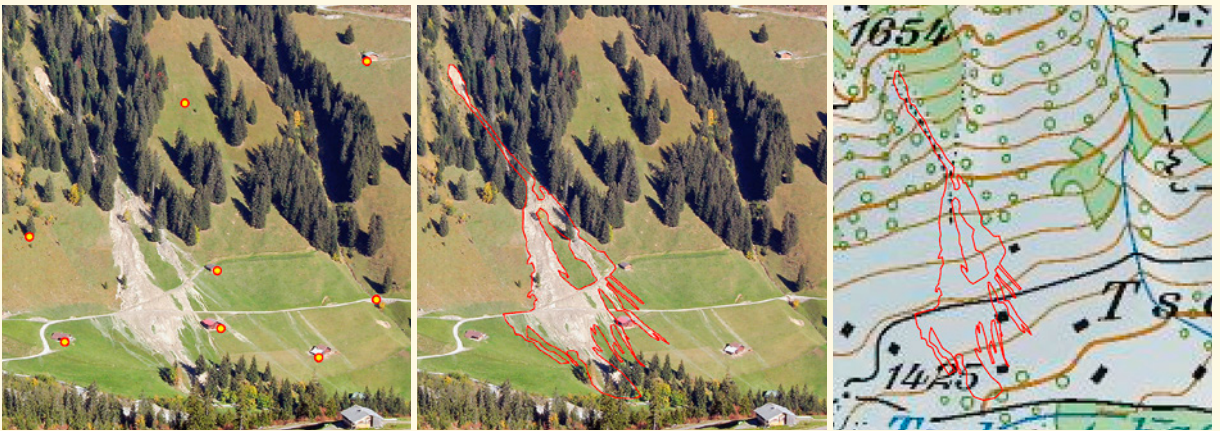
Die Umfrage gibt erstmals einen systematischen Überblick darüber, wie die Raumplanung auf lokaler Ebene organisiert ist. Damit lassen sich Gemeinden und auch Regionen vergleichen. Dank den Daten können nun auch weitere Zusammenhänge untersucht werden, zum Beispiel der Einfluss bestimmter Steuerungsinstrumente auf die Zersiedelung. (bki)

www.wsl.ch/more/raumplanung



Bauarbeiten am höchsten Gebäude im Kanton Zug, dem Park-Tower.

LANDSCHAFT Monoplotting: Landschaftsveränderungen aufgrund von Fotografien erfassen



Fallbeispiel einer Hangmure in Tschentetal/Egerle, Adelboden (BE). Links: Originalbild vom 18.10.2011 mit Passpunkten (gelbe Punkte mit rotem Rand), Mitte: Originalbild mit digitalisierter Murgang-Ausdehnung (rote Linie), Rechts: Detailkarte mit eingezeichneter Murgang-Ausdehnung. Aufgrund der fein verästelten Ausdehnung der Ablagerung wäre eine Kartierung im Gelände ausgesprochen aufwendig gewesen.

Marco Conedera staunte nicht schlecht, als die Anfrage aus Rio de Janeiro kam. Der Koordinator der Abteilung Photographie des Instituto Moreira Salles – einer Organisation für Kulturförderung – war im Internet auf das Monoplotting-Tool gestossen. Claudio Bozzini, Patrik Krebs und Marco Conedera entwickelten diese kostenlose Software an der WSL-Aussenstation im Tessin. Mit Monoplotting lassen sich auf beliebigen Fotografien Landschaftsmerkmale wie Gewässer oder Felssporne digitalisieren und mit einer Genauigkeit von Dezimetern bis wenigen Metern auf eine Landkarte übertragen. Einzige Voraussetzungen an das Foto: Es muss digital vorhanden und gut aufgelöst sein sowie vier oder mehr Passpunkte aufweisen, also Landschaftselemente, die sowohl auf dem Bild als auch auf einer Landkarte eindeutig erkennbar sind. Anhand dieser Punkte lässt sich das Foto georeferenzieren, das heisst, jedem Pixel auf dem Bild wird eine reale Koordinate zugeordnet.

Diese Technik eröffnet ganz neue Möglichkeiten. Anhand des rie-

sigen Schatzes an historischen Fotografien, der vielerorts in Archiven brachliegt, lässt sich nun erstmals auch quantitativ dokumentieren, wie sich die Landschaft verändert – um wie viele Meter die Waldgrenze steigt zum Beispiel oder wie viele Laufmeter an Terrassierungen früher eine heute bewaldete Landschaft durchzogen. Eine Technik, für die sich nun auch das Instituto Moreira Salles interessiert: Es möchte mit dem Monoplotting-Tool mehr als 10 000 Bilder aus Rio und anderen Gebieten in Brasilien quantitativ auswerten, eine einmalige Sammlung, die seit dem 19. Jahrhundert besteht.

Das Ausmass von Naturereignissen besser erfassen

Doch die Software eignet sich nicht nur für die Analyse von historischen Fotografien. Sie hat auch ein grosses Potenzial, aktuelle Naturereignisse zu dokumentieren. Oft können z. B. Murgänge, die gleichzeitig oder in unwegsamem Gelände abgehen, nur durch gezieltes Fotografieren festgehalten werden. Dasselbe gilt für be-

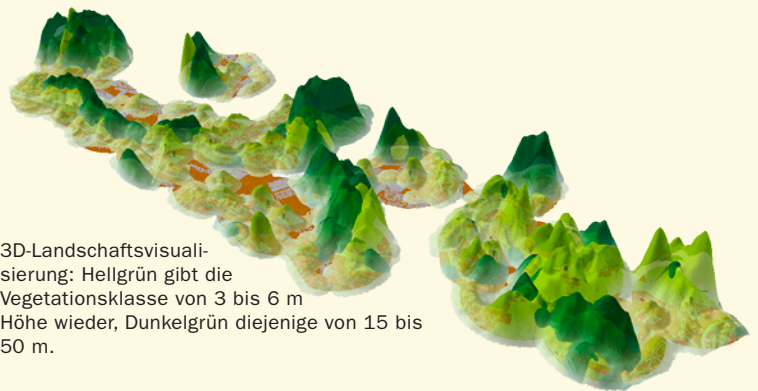
sonders schwere Hangmuren, wenn es vorrangig darum geht, Rettungsmassnahmen einzuleiten. Monoplotting ermöglicht es, solche Bilder später in Ruhe im Büro auszuwerten und so beispielsweise die genaue Ausdehnung der Murgangablagerung zu berechnen. Ein Vorteil, der auch dem Bundesamt für Umwelt nicht entgangen ist. Das BAFU hat Conedera und sein Team beauftragt, eine Schnittstelle zu programmieren, um Fotos, die mit dem Monoplotting-Tool ausgewertet wurden, in StorMe importieren zu können. StorMe ist die Datenbank des Naturgefahren-Ereig-

niskatasters, welchen die Kantone im Auftrag des Bundes führen. In Zukunft sollen die Mitarbeitenden der Kantone einen Teil der Schäden direkt mit dem Monoplotting-Tool erfassen können – und so noch einfacher über die Naturereignisse Buch führen. (chu)

www.wsl.ch/more/monoplotting

LANDSCHAFT 3D-Struktur der Vegetation – zugänglich dank neuem Tool

Umweltwissenschaftler Pierre Cothureau setzte sich für seine Masterarbeit ein besonderes Ziel: Jeder Forschende, der sich für die Struktur verholzter Vegetation interessiert, soll sie für gewünschte Regionen dreidimensional modellieren können – auch ohne Spezialwissen über Fernerkundung. Dazu entwickelte er den «Vertical Vegetation Structure Classifier» (VVSC). Das GIS-Tool teilt die Vegetation in bis zu sechs benutzerdefinierte Höhenklassen ein und stellt den gewählten Landschaftsausschnitt entsprechend als 3D-Modell dar. Basis dieser Modellierung sind Fernerkundungsdaten (LiDAR), die die Oberflächenstruktur der ganzen Schweiz wiedergeben. Dank Cothreaus Tool können Forschende nun einfach von diesem Datensatz profitieren. 3D-Modelle sind für verschiedene ökologische Fragestellungen wichtig. Cothureau: «Eines der Hauptziele des VVSC ist es, Anwenderinnen und Anwendern auf-



3D-Landschaftsvisualisierung: Hellgrün gibt die Vegetationsklasse von 3 bis 6 m Höhe wieder, Dunkelgrün diejenige von 15 bis 50 m.

zuzeigen, ob die unterschiedlichen Höhenklassen der Vegetationsstruktur in der Landschaft vernetzt sind.» Cothreaus Leistung fand grosse Beachtung: Er gewann den Young Scholar Award der Firma Esri – ein führender Softwarehersteller von Geoinformationssystemen – und durfte sein Projekt in San Diego, USA, einem internationalen Fachpublikum vorstellen. (ces)

www.wsl.ch/more/vvsc



Pflanzen können Rutschungen verhindern, aber nicht in jedem Fall: Auf Wiesen können zum Beispiel intensive Beweidung und Düngung ihre stabilisierende Wirkung beeinträchtigen.

Bei schweren Unwettern kommt es nebst Murgängen auch immer wieder zu kleineren und grösseren Hangrutschungen mit Schäden an Land und Infrastruktur. Eine intakte Pflanzendecke könnte vor Erosion und Rutschungen schützen. Bislang war aber nicht bekannt, in welchem Ausmass und mit welcher Pflanzenkombination. Neue Erkenntnisse dazu liefern die Resultate des WSL-Projekts SOSTANAH (SOil STABILITY and NATural Hazards), das Teil des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Bodennutzung» (NFP 68) ist.

Um die Hangbefestigung mit Zahlen zu untermauern, hat der Doktorand Anil Yildiz im Labor Bodenproben aus zwei Rutschungsgebieten

untersucht. Mit einem Scherapparat mass er die Kräfte, die es braucht, um einen Hang ins Rutschen zu bringen – mit und ohne Pflanzen. Es zeigte sich, dass diese die Erde schon nach sechs Monaten Wachstum stark verfestigen. Ein realer Hang wäre somit auch bei 5° steilerer Neigung, als es das Bodenmaterial eigentlich erlauben würde, noch stabil.

Die Wirkung angepflanzter Gehölze belegt eine Studie zum vormals unbewachsenen Erosions- und Rutschgebiet Hexenrübi (NW). Zwischen 2009 und 2011 gepflanzte Weidenarten haben reichlich ober- und unterirdische Biomasse gebildet. Das nächste grosse Unwetter wird zeigen, wie stark die Pflanzungen die Hangstabilität verbessert haben.

Die Resultate der diversen SOSTANAH-Teilprojekte bestätigen und ergänzen die Richtlinien für die Schutzwaldbewirtschaftung (NaiS). Einige gezogene Lehren: Hänge sollten möglichst viele Arten, Altersgruppen und Wurzelstrukturen enthalten, intensive Beweidung und Düngung können die Schutzwirkung der Pflanzen beeinträchtigen, und vertikale Schneisen von mehr als 20 m in der Falllinie sollten möglichst vermieden werden.

Wie wichtig der Einfluss der Waldstruktur bei Rutschungsereignissen ist, haben WSL-Forscher am Beispiel Sachseln (OW) mit statistischen Methoden abgeschätzt. Dort

waren 1997 nach heftigem Regen über 500 Rutschungen niedergegangen. Die Berechnungen deuten darauf hin, dass rund vier Fünftel der über 100 berücksichtigten Wald-rutschungen bei einer optimalen Bewirtschaftung nicht ausgelöst worden wären. Eine Schätzung ergab, dass entsprechende Pflege und Unterhalt der betroffenen Waldfläche nur ein Zehntel der Schadenssumme kosten würden. (bki)

www.slf.ch/more/sostanah

NATURGEFAHREN **Wie gross ist das Lawinenrisiko auf Schneetouren?**

«Muotathal (SZ), 27. Februar 2016: Lawine am Blüenberg reisst Skitourengeher in den Tod.» Jeden Winter lesen wir solche Meldungen in den Medien. Pro Jahr verlieren in der Schweiz im Durchschnitt 23 Menschen ihr Leben in einer Lawine. Fast immer sind die Opfer Schneesportler, die abseits der Pisten unterwegs waren. Regelmässig hört man im Anschluss an Lawinenunfälle, Schneesportler gingen ein übermässiges Risiko ein. Sind Schneetouren also besonders gefährlich? Bislang konnte man darüber nur Vermutungen anstellen, weil gesicherte Daten fehlten.

Risiko auf Schneetouren ähnlich wie im Strassenverkehr

Das Lawinenrisiko bezeichnet hier die Wahrscheinlichkeit, dass ein Tourengeher an einem Tourentag bzw. in einem Jahr durch Lawinen ums Le-



Männer zwischen 30 und 60 Jahren, die auf Skitouren gehen, haben das höchste Risiko, bei einem Lawinenunfall zu sterben.

ben kommt. Um das Risiko für Schneetouren abzuschätzen, setzt man die Anzahl der Todesopfer in Bezug zur gesamten Tourenaktivität im winterlichen Gebirge. Das SLF erfasst die Unfälle seit vielen Jahren im Detail. Die Anzahl der Personen zu bestimmen, die auf Touren unterwegs sind, ist hingegen sehr viel schwieriger. Erstmals liefern die «Sport

Schweiz»-Studien des Bundesamts für Sport nun verlässliche statistische Daten dazu. Für diese Studien wurden rund 23 000 in der Schweiz lebende Personen zu ihrem Sportverhalten befragt. Die Umfrage zeigt unter anderem, wie oft die Schweizer Bevölkerung Schneetouren unternimmt.

Kurt Winkler, Lawinenwarner am SLF, setzte diese Zahlen in Bezug zur Zahl der Lawinenunfälle. So konnte er erstmals statistisch fundiert das Risiko für einen tödlichen Lawinenunfall auf einer Schneetour berechnen. «Das Risiko eines Tourengehers, innerhalb eines Jahres in einer Lawine zu sterben, ist etwa gleich gross wie sein Risiko, im gleichen Zeitraum im Strassenverkehr umzukommen», erklärt Winkler. Allerdings ist dieses Risiko nicht gleich verteilt: Schneeschuhgeher haben ein etwa sechsmal geringeres Risiko als Skitourengeher. Winkler vermutet, das liege in erster Linie daran, dass die meisten Schneeschuhgeher in relativ einfachem und deshalb wenig gefährlichem Gelände unterwegs seien. Falls Schneeschuhgeher jedoch von einer Lawine verschüttet werden, haben sie deutlich schlechtere Überlebenschancen. «Das zeigt, dass bei dieser Gruppe die Kameradenrettung ungenügend funktioniert. Sie sollte deshalb in Rettungskursen geübt werden», empfiehlt Winkler.

Bemerkenswert ist, dass Männer im Durchschnitt ein etwa dreieinhalbmal höheres Risiko haben als Frauen. Oder anders gesagt: Eine Frau, die eine ganze Woche unterwegs ist, nimmt das gleiche Risiko auf sich, wie ein Mann, der nur am Wochenende auf Tour ist. Die Altersgruppe zwischen 30 und 60 Jahren scheint eher höhere Risiken einzugehen als die Jüngeren und Älteren. «In

der Prävention sollten wir daher versuchen, auf Skitouren gehende Männer im mittleren Alter vermehrt anzusprechen», so Winkler.

Schwacher Altschnee ist kritisch

Frank Techel, ebenfalls Lawinenwarner am SLF, setzte die Häufigkeit von Lawinenunfällen in verschiedenen Regionen in Bezug zur Anzahl der Einträge auf Onlineportalen, wo Alpinisten ihre Touren dokumentieren. Er konnte zeigen, dass das Lawinenrisiko nicht nur mit der Gefahrenstufe markant zunimmt, sondern auch in den inneralpinen Gebieten im Wallis und in Graubünden höher ist als im Rest der Schweizer Alpen, weil dort schwacher Altschnee häufiger auftritt. Im Gegensatz zur Region beeinflussen weder das Wetter noch der Wochentag das Risiko. *(mhe)*

Anil Yildiz,
Birmensdorf

«Die Stadt bietet mir etwas, was ich in der Natur nicht oft finde: den Kontakt zu anderen Menschen. Hier an der Langstrasse in Zürich treffe ich meine Freunde zum Plaudern und lerne neue Leute kennen.»



BLICK IN DEN BODEN

Mit ihrem Wurzelwerk stabilisieren Pflanzen steile und instabile Hänge. In seiner Doktorarbeit untersucht Anil Yildiz, wie dieser Einfluss der Pflanzen gemessen werden kann. Dabei arbeitet der Bauingenieur mit Forscherinnen und Forschern aus den

Bereichen Biologie, Forstwissenschaften und Ökologie zusammen. «Ich schätze die Zusammenarbeit im interdisziplinären Team. Wir schauen das gleiche Objekt aus unterschiedlichen Blickwinkeln an.»

SCHNEE UND EIS Im Frühling ist heute in den Alpen weniger Wasser in Form von Schnee gespeichert



In den Alpen sind gewaltige Wassermengen saisonal in Form von Schnee gespeichert.

Ein Teil der Winterniederschläge wird in den Alpen vorübergehend als Schnee gespeichert. Im Frühling und Sommer steht dieser dann als Schmelzwasser für die Stromgewinnung, die Landwirtschaft und als Trinkwasser zur Verfügung. Jahreszeitliche Schwankungen der Niederschlagsmenge werden dadurch teilweise ausgeglichen. Für über 40 Messstationen in vier Alpenländern untersuchte Anna-Maria Tilg in ihrer Masterarbeit am SLF nun zum ersten Mal Veränderungen des Schneewasseräquivalents, also der Wassermenge, die entsteht, wenn der Schnee vollständig schmilzt. Obwohl die Stationen über einen grossen Höhenbereich und sehr unterschiedliche Klimaregionen verteilt sind, fand sie über die letzten 45 Jahre alpenweit

erstaunlich einheitliche Trends: Während sich das Schneewasseräquivalent im Winter nur wenig veränderte, nahm es am Stichtag 1. April über die untersuchte Zeitspanne an etwa der Hälfte der Stationen deutlich ab. Grund dafür sind nicht nur die höheren Temperaturen, sondern zum Teil auch die in den letzten Jahrzehnten geringeren Niederschläge im Frühling. Wenn die Temperaturen, wie erwartet, weiter ansteigen, werden die Alpenflüsse künftig im Sommer deutlich weniger Wasser führen, weil der Hauptteil der Schneeschmelze früher stattfinden wird. *(mbe)*

www.slf.ch/more/swr

SCHNEE UND EIS Das Verhalten von Freeridern mit Vorbildern beeinflussen

Unberührt glitzert der Neuschnee in der Sonne. Drei, vier Schwünge abseits der Piste, ein waghalsiger Sprung über eine Kuppe, schon gleiten die drei Variantenfahrer auf eine Wildruhezone zu. Hier erinnert sie eine Tafel mit zwei pelzigen Stofftieren daran, dass sie die Wildtiere nicht stören dürfen.

Die Tafel gehört zur Kampagne «Respect Wildlife», die im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU, des Schweizer Alpen-Club SAC und diverser Verbände speziell für Freerider entworfen wurde. Kernstück der Kampagne sind Kurzvideos mit den beiden Stofftieren Toni und Geri und bekannten Freeridern in Aktion. Vorbilder der Freeriderszene, die sich für die Anliegen des Wildtierschutzes gewinnen liessen, verbreiteten die Videos in den sozialen Medien.

Evaluation zeigt: die Kampagne wirkt

Die WSL evaluierte die Kampagne in den Wintern 2013/14 und 2015/16 mittels Befragungen in zwei Skigebieten. Das Ergebnis ist positiv: In Laax, wo die Kampagne präsent war, stieg ihre Bekanntheit signifikant an, ebenso die Bereitschaft der Befragten, die Wildruhezonen zu respektieren. Aber auch auf dem Flumserberg, wo es keine Videos und Tafeln gab, zeigte die Kampagne dank der Verbreitung der Videos im Internet Wirkung.

Frühere Untersuchungen der WSL belegen, dass Schneeschuh- und Skitourengehänger den Wildschutz eher befürworten als Freerider; herkömmliche Informationen reichen, erstere vom wildtiergerechten Verhalten zu überzeugen. Bei den Free-

ridern sind neue Ansätze nötig: «Der Entscheid, die Kampagne zusammen mit Vorbildern aus der Zielgruppe empfängerorientiert zu gestalten und durchzuführen, führte zum Erfolg», erklärt Marcel Hunziker, der die Evaluation von «Respect Wildlife» leitete. (lbo)

www.wsl.ch/morelffreerider



Die beiden Stofftiere Toni und Geri erinnern Freerider abseits der Piste daran, dass sie die Wildtiere hier nicht stören dürfen.

Fabian Wolfsperger,
Davos

«Auf Pischa startet eine der schönsten Abfahrten die ich kenne – sowohl im Sommer mit dem Bike als auch im Winter mit den Skiern. Bevor es hinabgeht, genieße ich die Sonne und den tollen Blick auf Davos.»



SCHNEEFORSCHUNG FÜR SPORT UND INDUSTRIE

Der Sportingenieur Fabian Wolfsperger forscht in enger Zusammenarbeit mit der Industrie und Sportverbänden: Wie lässt sich technischer Schnee ohne Strom produzieren? Was ist ausschlaggebend dafür, wie gut Skifelle gleiten? Wel-

che Kräfte wirken im Auswurfkamin einer Schneefräse? «Innovative Produkte mitzuentwickeln, aber dennoch Freiraum für wissenschaftliches Arbeiten zu haben, schätze ich an meiner Tätigkeit besonders.»



Waldreservate dienen dem Arten- und Prozessschutz. Während der Mensch in Sonderwaldreservaten zugunsten bestimmter Pflanzen- oder Tierarten eingreift, ist in Naturwaldreservaten jegliche Bewirtschaftung untersagt. Dadurch sollen natürliche Prozesse gefördert werden. Mit der Zeit entstehen so in den Reservaten wieder urwaldähnliche Strukturen, die seltenen und gefährdeten Tier- und Pflanzenarten Lebensraum bieten. Die WSL untersucht, wie sich Waldreservate entwickeln und wie sie sich unter anderem von bewirtschafteten Wäldern unterscheiden.

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

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

IMPRESSUM

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

Text und Redaktion:
Lisa Bose (lbo), Carla Eschmann (ces),
Sandra Gurzeler (sgu), Martin Heggli
(mhe), Christine Huovinen (chu), Beate
Kittl (bki), Reinhard Lässig (rlä), Birgit
Ottmer (bio)

Redaktionsleitung:
Lisa Bose, Christine Huovinen;
diagonal@wsl.ch

Gestaltung:
Raffinerie AG für Gestaltung, Zürich

Layout: Sandra Gurzeler, WSL

Druck: Sihldruck AG, Zürich

Auflage und Erscheinen:
5000, zweimal jährlich

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

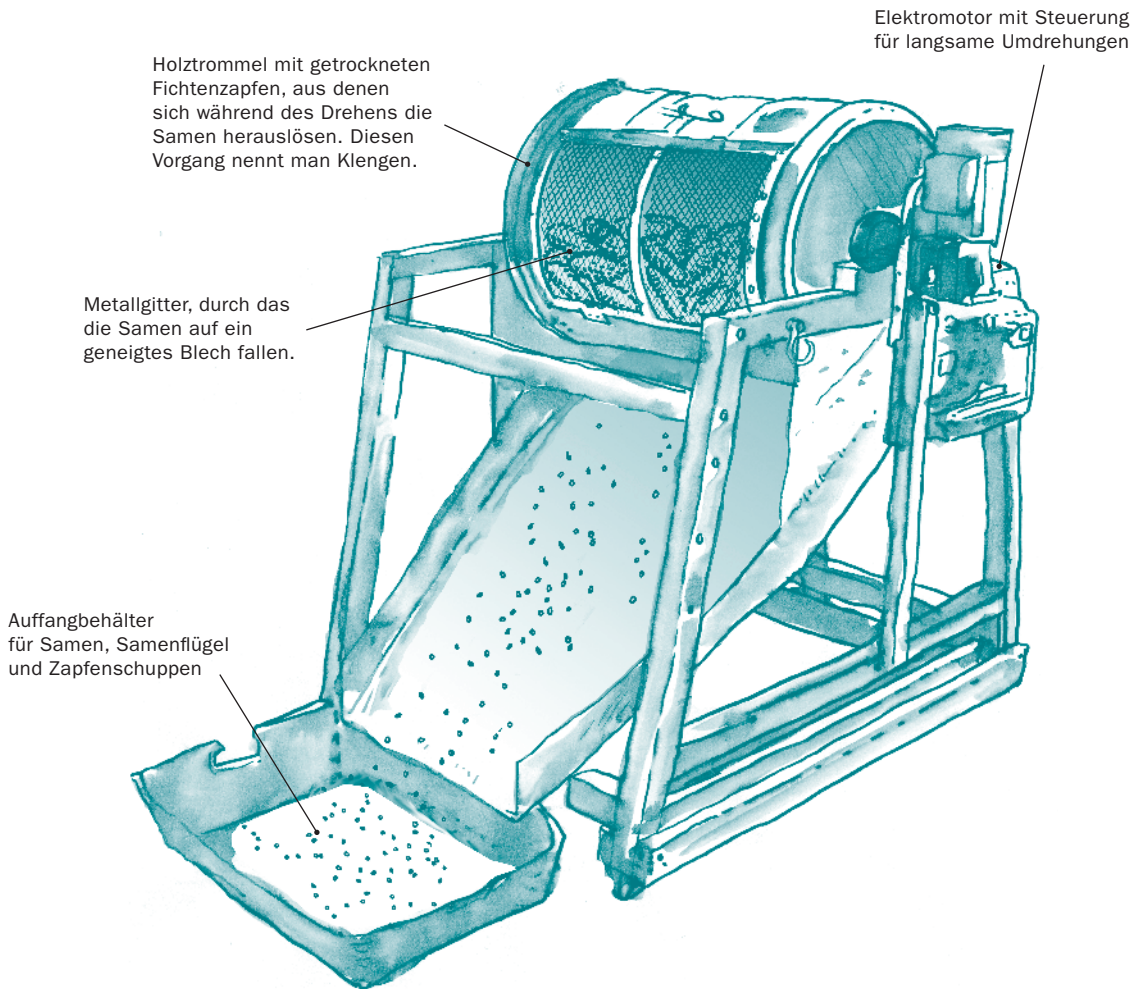
Zitierung:
Eidg. Forschungsanstalt WSL 2016:
WSL-Magazin Diagonal, 2/16.
36 S., ISSN 2296-3561

PERSONEN

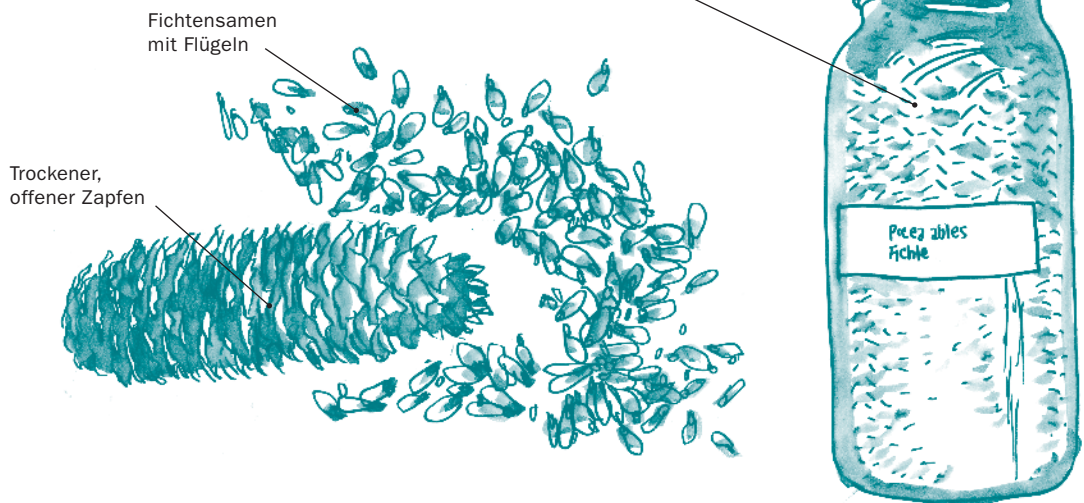


Die WSL-Redaktion von links nach
rechts; oben: Birgit Ottmer, Sandra
Gurzeler, Reinhard Lässig, Beate Kittl;
unten: Christine Huovinen, Lisa Bose,
Martin Heggli

SAMENKLENGTROMMEL



Entflügeltes und gereinigtes Saatgut. 1 kg Samen besteht aus bis zu 170 000 Körnern.



Die WSL erntet und klegt Forstsaatgut und betreibt die nationale Saatgutvermittlungsstelle, die Forstbetrieben und Baumschulen Saatgut anbietet. In einem Kühlraum lagert die WSL bis zu 60-jährige Fichtensamen unterschiedlicher Herkunft sowie Saatgut von rund 50 weiteren Gehölzarten.

Video auf:
www.wsl.ch/ding





Buchen und Trockenheit: Es geht auch mit weniger Wasser, S. 21

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
antennenromande@wsl.ch
www.wsl.ch/lausanne

Cadenazzo

Istituto federale di
ricerca WSL
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/more/geschaeftsbericht.

