

## *Gentechnologie*

*Zwischen Innovation und Umwelt*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

# Eilt uns die Gentechnologie davon?



Bild: BAFU

Die Biotechnologie entwickelt sich rasant. Damit kommen in unserer Gesellschaft Fragen und auch Unsicherheiten auf. Das BAFU ist gefordert, sich dieser Fragen anzunehmen.

Als das Gentechnikgesetz in den frühen 2000er-Jahren erarbeitet wurde, war in der Forschung und Industrie die «Transgenese» das zentrale Gentechnikverfahren. Bei der Transgenese wird ein fremdes Gen in einen Empfängerorganismus übertragen, um diesen mit neuen Eigenschaften auszustatten. Während meiner Doktorarbeit an der ETH Zürich habe ich vor bald 20 Jahren ebenfalls mit der Transgenese gearbeitet. Diese Analysen haben gezeigt, dass gewöhnliche Darmbakterien Teile ihres Erbmaterials mit anderen Bakterien munter austauschen können, darunter auch Antibiotika-Resistenzgene, was die Risiken für unsere Gesundheit erhöht.

Die Transgenese ist auch heute noch eine viel genutzte Gentechnik; in den letzten Jahren sind aber neue, revolutionäre Verfahren hinzugekommen, die unter dem Begriff Genome Editing zusammengefasst werden. Damit stehen nun Methoden zur Verfügung, die einen gezielten Eingriff in das Genom eines Organismus ermöglichen und so gewünschte Eigenschaften hervorbringen – auch ohne fremde Gene einzufügen. In den Bereichen Medizin, Pharmazie, Chemie, Lebensmittel und Pflanzenzüchtung finden diese Verfahren bereits erste kommerzielle Anwendungen. Forschung und Industrie versprechen sich viel davon: Sie sollen Lösungen ermöglichen für drängende Probleme unserer Gesellschaft. Dazu zählen beispielsweise die vereinfachte Herstellung von Biotreibstoffen, die Züchtung von trockenheits-, hitze- und pilztoleranten Nutzpflanzen oder die genetische Stärkung von bedrohten Tierpopulationen.

Mit dem zunehmenden Einsatz der Gentechnik steigt jedoch auch die Wahrscheinlichkeit einer unkontrollierten Verbreitung von genveränderten Organismen und von dort eingebrachten genetischen Veränderungen in die Umwelt. Bis heute ist kaum bekannt, wie die neuartigen Organismen mit der Umwelt interagieren und wie sie diese allenfalls beeinträchtigen. Um die Risiken angemessen beurteilen und die Sicherheit von Mensch und Umwelt gewährleisten zu können, braucht es noch viel Grundlagenforschung. Darüber hinaus stellen sich gesellschaftliche und ethische Fragen.

Die Aufgabe des BAFU ist es, einen kritischen Blick auf den Schnittpunkt Gentechnik/ Umwelt zu haben, wissenschaftliche Grundlagen für faktenbasierte Entscheidungen bereitzustellen, den gesellschaftlichen Dialog zu fördern und für eine sichere Anwendung der sich dynamisch entwickelnden Biotechnologie zu sorgen. Mit der vorliegenden Ausgabe unseres Magazins möchten wir die Auseinandersetzung mit dem Thema befruchten. Ich bin überzeugt, dass sie Ihnen interessante Einblicke eröffnet.

Franziska Schwarz | Vizedirektorin BAFU

# Dossier

## GENTECHNOLOGIE

- 8 Wo Biotechnologie hilft – und wie gefährlich sie ist
- 13 Was sich Biologin und Ethiker zu sagen haben
- 18 Wie ein kleiner Schnitt für grosse Diskussionen sorgt
- 23 Wie Biohacker in Garagen forschen
- 27 Warum fieberhaft Nachweisverfahren gesucht werden
- 31 Wie «Gentechfood» in die Schweiz kommt
- 34 Wie die Diskussion versachlicht wird
- 37 Was Gene Drive für bedrohte Arten tun kann

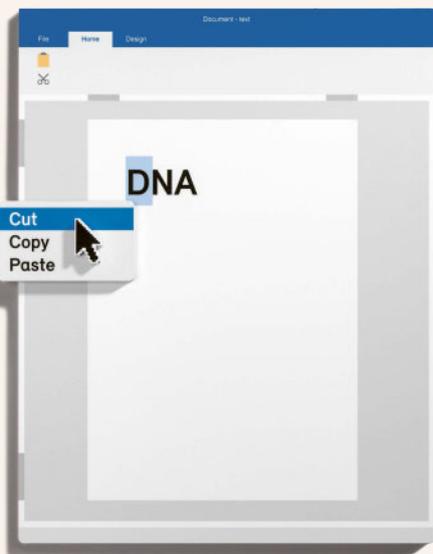


Bild: FRANZ&RENÉ

Gentechnologische Verfahren bieten grosse Chancen, bergen aber auch schwer abschätzbare Risiken. Deshalb schwankt die Gefühlslage vieler Menschen zwischen Hoffnung und Angst: Lassen sich Menschen kopieren und designen, Arten schützen und Krankheitserreger beliebig ausmerzen? Auch das Titelbild und 5 Fotografien innerhalb des Dossiers beschäftigen sich mit solchen Grundsatzfragen (S. 12, 22, 26, 30, 36).

# 360°

- 44 **Klimaerwärmung**  
Wie man im Sommer Städte kühlt
- 48 **Ressourcen**  
Wie sich nachhaltig bauen lässt
- 52 **Klimawandel**  
Wie die Schweizer Klimazukunft aussieht
- 56 **Lärmbekämpfung**  
Warum Tempo 30 wirkt
- 59 **Gefahrenprävention**  
Wie Chlor sicher in die Schweiz kommt

## RENDEZ-VOUS

- 4 Tipps
- 6 Bildung
- 7 Unterwegs
- 40 Vor Ort
- 42 International
- 43 Recht
- 62 Aus dem BAFU
- 62 Impressum
- 63 Meine Natur
- 64 Vorschau

**GRATIS ABONNIEREN  
UND ADRESS-  
ÄNDERUNGEN**  
[www.bafu.admin.ch/  
leserservice](http://www.bafu.admin.ch/leserservice)

**KONTAKT**  
[magazin@bafu.admin.ch](mailto:magazin@bafu.admin.ch)

**IM INTERNET**  
[www.bafu.admin.ch/  
magazin](http://www.bafu.admin.ch/magazin)

**FACEBOOK-FANPAGE**  
[www.facebook.com/  
UmweltMag](http://www.facebook.com/UmweltMag)

**TITELBILD**  
FRANZ&RENÉ

# Tipps

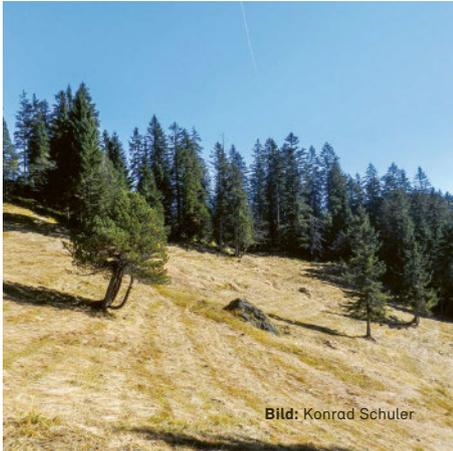


Bild: Konrad Schuler

## Zauber des Feuchtwaldes

Die Moorwälder der Ibergeregge wurden von der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL) zur diesjährigen Landschaft des Jahres ernannt. Der Kanton Schwyz verfügt über 6 Moorlandschaften, die fast 6 Prozent der Kantonsfläche bedecken. Dazu gehören die ausgezeichneten Waldgebiete. Wer durch diese Gebiete streift, wähnt sich im hohen Norden: Stattliche Rot- und Weisstannen sowie Bergföhren finden sich inmitten einer dichten Krautvegetation von Hochstauden, deren Blätter tellergross sind und bis 2 Meter hoch den Boden bedecken können. Die Wälder beherbergen eine beträchtliche Vielfalt an Pflanzen und Tieren.

Die Moorlandschaften sind zwar bundesrechtlich geschützt, trotzdem sind dauerhafte Schutzbemühungen nötig. Unter anderem dafür will der mit 10 000 Franken dotierte Preis sensibilisieren.

[sl-fp.ch](http://sl-fp.ch)

## Botaniktrainer



Begleitend zum Buch «Grundlagen der Feldbotanik» gibt es nun die «Feldbotanik»-App. Während im Buch die Wissensvermittlung zu 80 Familien und 60 Gattungen im Zentrum steht, fokussiert die App auf das spielerische Trainieren und Aufbauen der eigenen Artenkenntnisse. Die Anwendung der freischaffenden deutschen Biologin und Autorin Rita Lüder beschreibt über 700 Arten mit zusätzlichen Angaben zu Morphologie, Zertifikatsstufe, Synonymen sowie zu Familien- und Gattungszugehörigkeit.

CHF 25.– | für Android und iPhone;  
[haupt.ch/Feldbotanik-App.html](http://haupt.ch/Feldbotanik-App.html)

## Wer zwitschert da?



Ist es das Wintergoldhähnchen oder doch das Sommergoldhähnchen? Die App «Zwitschomat» ermöglicht es, Vogelstimmen zu erkennen und zu lernen – und dies ganz ohne Internetverbindung. Die App funktioniert wie das Musikerkenntnis-Tool Shazam: Man nimmt die Vogelstimme mit dem Handy auf, die Stimme wird während 12 Sekunden analysiert und zeigt einem schliesslich den gesuchten Vogel an. Falls der Vogel nicht eindeutig identifizierbar ist, stellt die App eine Auswahl an Vögeln zur Verfügung, die als «Sänger» infrage kommen.

Zwitschomat | CHF 4.– | ausschliesslich für iPhone

## Alles gegen Zecken



Die «Zecken»-App verfügt über eine Warnfunktion, die anhand einer fünfstufigen Zeckenstich-Gefahrenskala das aktuelle Zecken-Gefahrenpotenzial in den verschiedenen Regionen der Schweiz via Satellitenkarte anzeigt. Zudem informiert sie darüber, wie man sich vor Zecken schützt beziehungsweise einen Zeckenstich behandelt und was mögliche Borreliosesymptome sind. Eine zusätzliche Funktion ist das Zeckentagebuch: Betroffene können dort ihren Zeckenstich eintragen und werden von der App nach jeweils 5, 10 und 28 Tagen daran erinnert.

Gratis | für Android und iPhone;  
[zhaw.ch](http://zhaw.ch) > Suche «App Zecke»

## Neuer Lebensraum für alte Arten

Die Besucherinnen und Besucher des Papilioramas (FR) erhalten neuerdings einen einmaligen Einblick in das «wilde Seeland», wie es unsere Vorfahren kannten. Von Schutzhütten aus können sie die Bewohner des neuen Aussenbereichs, des Auengebietes, beobachten. Mit einer Fläche von 2000 Quadratmetern simuliert dieses die Umgebung eines natürlichen Feuchtgebietes, das als Lebensraum für seltene einheimischen Vögel, Insekten und Reptilien dient. Die Teiche und Wasserläufe der Anlage sind regulierbar, so können die Verantwortlichen voll und ganz auf die Bedürfnisse der zugezogenen Bewohner eingehen.

Der Erfolg des Projekts zeigt sich bereits jetzt: So legte etwa eine skandinavische Zwergschnecke auf ihrer Reise südwärts in Kerzers (BE) eine Rast ein; und auch zwei Wasserrallen, eine der gefährdetsten Vogelarten ganz Europas, fanden im Auenbereich Zuflucht.

[papiliorama.ch](http://papiliorama.ch)



Bild: zVg

## Sportlicher Konsum

Der Verein Fairp(l)ay motiviert Jugendliche und Erwachsene auf spielerische Art und Weise zu einem gerechten Konsumverhalten. Sein Motto: Eine Sensibilisierung braucht eine konkrete Darstellung, die nachhaltig im Gedächtnis bleibt. Das Schulprojekt «Fair Battles Kicker» etwa beleuchtet die Themen Konsum, Fair Trade, Fairness, Chancengleichheit und Nachhaltigkeit und macht diese anhand eines umgebauten Töggelikastens erfahrbar.

[fairbattles.ch](http://fairbattles.ch)

## Das Ökotuch

Bienenwachstücher, die um Lebensmittel oder auch über Schalen gelegt werden, sind die ideale Alternative zu Verpackungen aus Plastik oder Aluminium. Der Stoff aus Biobaumwolle, Schweizer Bienenwachs und Biojojobaöl kann nach Gebrauch abgewaschen und wiederverwendet werden. Es gibt verschiedenste Produkte auf dem Markt, eines davon heisst eco-tsapi®. Bastelliebhaber können das Tuch auch selbst herstellen.

[eco-tsapi.ch](http://eco-tsapi.ch)

## Lokal schwärmen

Die Idee der Marktschwärmer ist einfach: Sie ermöglichen lokalen Produzenten, deren Produkte online anzubieten. Die Kundinnen und Kunden bestellen auf einer Plattform saisonales Obst, Gemüse, Brot, Milchprodukte, Fleisch, Bier oder Naturkosmetik und holen die Bestellung in der Schwärmerie in der Nachbarschaft ab. Das kann etwa in einem Café, in einer Schule oder auch in einem Gemeindehaus sein.

[marktschwaermer.ch](http://marktschwaermer.ch)

## Pflanzenretter



Bild: Rolf Holderegger

Die Pflanzenwelt im Kanton Schaffhausen ist aussergewöhnlich reich (im Bild: Acker-Wachtelweizen). Bereits im 19. Jahrhundert interessierten sich Botaniker für die dort vorherrschenden mediterranen, mitteleuropäischen und östlichen Florenelemente. Doch der Reichtum ist bedroht, denn das Vorkommen seltener Pflanzen im Kanton hat sich halbiert.

Dies zeigt das Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen, welche die Bestände von seltenen Pflanzen im Kanton untersucht hat. Darin porträtiert sie 20 besondere Pflanzenarten und gibt einen Überblick über die Herkunft der Schaffhauser Flora, deren Lebensräume und die bisherige Erforschung. Als Grundlage für das Heft dienten die aktuellen Daten der Roten Liste der Schweizer Flora, die die Verluste des Pflanzenreichtums im Kanton Schaffhausen aufzeigen.

«Seltene Pflanzen im Kanton Schaffhausen» | CHF 24.– | ISBN: 978-3-033-07048-6 | [info@ngsh.ch](mailto:info@ngsh.ch)

## Solarstrom ohne Dach

Wie lässt sich ohne Dach Solarstrom produzieren? Über 80 Prozent der Berner und Bernerinnen wohnen zur Miete und können nicht einfach ein Solardach bauen. Hier setzt die Berner Crowdfunding-Initiative «Sunraising» an: Für 350 Franken kann man sich einen Quadratmeter Solardach auf einem ausgewählten Haus im Quartier sichern und so 20 Jahre lang jährlich 110 Kilowattstunden Solarstrom beziehen – das entspricht rund 10 Prozent des Jahresverbrauchs einer Person.

[sunraising.ch](http://sunraising.ch)

## Singende Nachtigall



Bild: Alamy Stock Photo

Zum 20-Jahr-Jubiläum hat sich das BirdLife-Naturzentrum Neeracherried (ZH) etwas Spezielles ausgedacht: In der Sonderausstellung «Singen wie die Vögel» tauchen Kinder und Erwachsene mit Kopfhörer und Tablet in die Welt der Vogelklänge ein. Dies befähigt sie, mit Vogelstimmen zu experimentieren und auch selbst Laute zu produzieren. Wer möchte nicht so schön flöten können wie die Amsel? Zur Vorbereitung auf den Besuch dürfen Lehrpersonen Schulmaterial von der Website herunterladen.

[birdlife.ch/neeracherried](http://birdlife.ch/neeracherried)  
> Sonderausstellung «Singen wie die Vögel»

# Bildung



Bild: zVg

## Faszinierende Unterwasserwelt

Ruderwanzen (Bild), Wasserasseln, Wasserflöhe oder Gelbrandkäfer: Das Leben in unseren Teichen ist vielfältig und spannend – und vielen von uns trotzdem ziemlich unbekannt. Das will das BirdLife-Naturzentrum La Sauge ändern: Dem diesjährigen Hauptthema «Wirbellose Tiere der Teiche» ist die neue, interaktive Sonderausstellung gewidmet. Die «Faszinierende Unterwasserwelt» soll dabei einem breiten Publikum vorgestellt werden. Dazu gibt es auch Führungen zum Thema in der Ausstellung und bei den Teichen entlang des Naturpfads für Erwachsene, Kindergruppen und Schulklassen auf Reservation.

Das BirdLife-Naturzentrum La Sauge zwischen Ins (BE) und Cudrefin (VD) befindet sich am Rand der beiden international und national bedeutenden Naturschutzgebiete Fanel und Cudrefin und am Nordende des Neuenburgersees. Das Naturzentrum beinhaltet eine Ausstellung und einen Naturpfad mit vier Beobachtungshütten. Diese ermöglichen zahlreiche spannende Einblicke in die Natur und wurden so gebaut, dass die Tiere nicht gestört werden.

Sonderausstellung: bis 25. Oktober 2020 | Dienstag–Sonntag + Feiertage: 9 – 18 Uhr | [birdlife.ch/de/content/la-sauge](http://birdlife.ch/de/content/la-sauge)

## Tierische Teambildung

Teambildung mit Hühnern, «tierisches» Gehirntaining für Seniorinnen und Senioren, Smartphone-Fotokurs oder Kaffeegenuss im Regenwald: Der Zoo Zürich verstärkt sein Engagement in der Erwachsenenbildung. In den entsprechenden Kursen werden Themen aus der Lebens- und Arbeitswelt der Menschen mit Themen aus der Tierwelt verknüpft. So soll das Interesse der Teilnehmenden für die Tiere und deren Wohl gestärkt werden.

Übersicht, Dauer und Preise: [zoo.ch/de/fuehrungen-events/kurse-und-seminare](http://zoo.ch/de/fuehrungen-events/kurse-und-seminare)

## Der Weltacker

Teilt man die Ackerfläche dieser Welt durch die Zahl ihrer Bewohner, ergibt das etwa 2000 m<sup>2</sup> pro Mensch. Darauf muss alles wachsen, was wir verbrauchen. Auf entsprechenden Äckern in Nuglar (SO) und Attiswil (BE) führt das internationale Bildungsprojekt «2000 m<sup>2</sup> Weltacker» Lernhalbtage für Schulklassen durch, an denen die verschiedenen Schritte der Lebensmittelproduktion thematisiert werden. Daneben gibt es auch Führungen für Erwachsene.

[weltacker.ch](http://weltacker.ch)

## Idée Reparatur

Jetzt gibt es ihn auch in Italienisch: Der Reparaturführer ist eine Onlineplattform, auf der man Reparaturprofis findet oder sich selbst als solchen anbieten kann. Damit sollen Abfälle vermieden werden. Zudem sind Informationen zu Aktivitäten rund ums Reparieren, etwa zu Repair-Cafés, vorhanden. Getragen wird die Plattform von Kantonen, Gemeinden und Städten. Mit dem Kanton Tessin sind derzeit 17 Kantone sowie 4 Städte und Gemeinden dabei.

[reparaturfuehrer.ch](http://reparaturfuehrer.ch) | [reparateurs.ch](http://reparateurs.ch) | [riparatori.ch](http://riparatori.ch)

## Kreislaufprofis

«Das Programm vermittelt aktuellstes Wissen über die neusten Entwicklungen der Entsorgungs- und Recyclingbranche und eignet sich für Quereinsteiger ebenso wie zur persönlichen Auffrischung», sagt Thomas Schmid, ehemaliger Kursteilnehmer und CEO des Investment-Unternehmens Fontavis. Der Zertifikatskurs (CAS) Entsorgungs-/Recyclingmanager/in HSG der Universität St. Gallen will Teilnehmenden das Rüstzeug auf den Weg geben, «um den anstehenden unternehmerischen Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Wandel der Schweizer Abfallwirtschaft hin zu einer Kreislaufwirtschaft angemessen begegnen zu können».

Der Lehrgang thematisiert betriebswirtschaftliche Fragestellungen im Entsorgungs- und Recyclinggeschäft. Partnerschaften etwa mit Branchenverbänden sollen einen hohen Praxisbezug garantieren. Er richtet sich an Kadermitarbeitende öffentlich-rechtlicher und privater Entsorgungs-, Recycling- und Transportunternehmen sowie an Personen, die eine derartige Funktion anstreben. Geeignet ist er zudem für Vertretungen von Behörden und Verbänden.

Kosten: CHF 12 000.– (allenfalls CHF 1200.– für ein einzelnes Modul) | Dauer: April–September 2019 | 11 ECTS-Punkte | Ort: St. Gallen; aufgrund des modulartigen Aufbaus ist ein Einstieg auch nach Kursstart möglich; [sami.benmessaud@unisg.ch](mailto:sami.benmessaud@unisg.ch) | +41 71 224 21 02

# Unterwegs



Wilder Rhein: Der hier noch ungezähmte Alpenfluss mäandert durch die geschützte Auenlandschaft von nationaler Bedeutung.

Bild: Beat Jordi

## Mit Blick auf den Grand Canyon der Schweiz

**Die Wanderung von Flims-Waldhaus (GR) in die Rheinschlucht bietet spektakuläre Aus-sichten auf das riesige Felssturzgebiet und den «Grand Canyon der Schweiz».** Text: Beat Jordi

Beim grössten Bergsturz in den Alpen donnerten vor rund 9500 Jahren Millionen von Kubikmetern Kalkstein in das Vorderrheintal und begruben den Fluss auf einer Länge von 14 Kilometern unter einem mächtigen Schuttkegel. Im Lauf der Zeit bahnte sich der zum Ilanzer See aufgestaute Rhein seinen Weg fast 400 Meter tief durch die Sedimente. So ist die imposante Naturlandschaft der Ruinaulta oder Rheinschlucht entstanden.

Bereits kurz nach dem Start der Wanderung im Höhenkurort Flims-Waldhaus erwartet uns am türkisfarbenen Bergsee Lag la Cauma ein erster landschaftlicher Höhepunkt. Das in einer Waldmulde gelegene Gewässer hat keinen oberirdischen Zufluss, sondern wird durch Schmelzwasser und die grundwasserleitenden Karstformationen gespeist. Eine abdichtende Lehmschicht in der Tiefe hält das Wasser zurück, sodass es nicht vollständig im Boden versickert. Wie die anderen Kleinseen in der Region ist auch der auf knapp 1000 Metern über Meer gelegene Caumasee durch den Flimser Bergsturz entstanden.

Unterwegs durch den Uaul Grond – einen grossen mit Kalkblöcken übersäten Nadelwald – lohnt sich ein kleiner Umweg zur Aussichtsplattform Il Spir bei Conn. Die Besucherterrasse aus Lärchenholz ist der Form eines Mauerseglers nachempfunden und schwebt direkt über dem Abgrund. Die Vogelperspektive bietet einen spektakulären Blick auf die bröckelnden Steilwände der Schlucht mit ihren bizarren Formen. Nahezu 400 Meter tiefer im Talgrund mäandert der hier noch ungezähmte Alpenfluss durch die geschützte Auenlandschaft von nationaler Bedeutung (BLN-Gebiet).

Der Weg zur Station Valendas-Sagogn der Rhätischen Bahn (RhB) verläuft anfänglich durch die nährstoffarmen, an Orchideen reichen Erika-Föhrenwälder an der südexponierten Flanke der Rheinschlucht. Über die Weidelandschaften von Tuora und Foppas erreicht man die Brücke über den Fluss und gelangt dann durch die Ruinaulta zum Bahnhof Versam-Saffien. In der Übergangszone von Wasser und Land säumen dichte Weiss-erlenbestände, Grundwasserteiche, karge Kiesbänke und Sandstrände den Weg. Auf engem Raum findet sich hier eine reiche Artenvielfalt mit seltenen Pflanzen und Wasservögeln wie zum Beispiel dem Flussregenpfeifer und Flussuferläufer. Zudem leben in den vier Naturschutzgebieten vor Ort etwa 350 Schmetterlingsarten.

[rheinschlucht.ch](http://rheinschlucht.ch)

## Moderne Biotechnologie

# Potenzial mit schwer abschätzbaren Risiken

In der Biotechnologie schreiten die Entwicklungen rasant voran. Die modernen Verfahren bieten ein grosses Anwendungspotenzial für Medizin, Pharmazie, Chemie, Lebensmittel- und Landwirtschaft. Noch aber lässt sich in vielen Fällen nicht ermes sen, welche Risiken die neuartigen Veränderungen am Erbgut von Organismen bergen. **Text:** Nicolas Gattlen

Im Wochentakt berichten die Medien über Biotechnologie: Jüngst etwa war zu lesen, dass am Roslin Institute in Edinburgh (GB) Schweine gezüchtet wurden, die immun sind gegen das PRRS-Virus, den Erreger einer Schweinekrankheit. Forschende haben einige wenige DNA-Bausteine im Schweinegenom so umgeschrieben, dass das Virus nicht mehr in die Zellen eindringen und sich dort vermehren kann. Und in mehreren EU-Ländern finden Freilandversuche mit genveränderten (GV) Pappeln statt: Diese sollen schneller wachsen, mehr Biomasse ausbilden und weniger Lignin produzieren – ein Vorteil, da der Stoff bei der Herstellung von Papier oder Biokraftstoffen aufwendig entfernt werden muss.

Für Schlagzeilen sorgte auch eine Meldung, wonach in Burkina Faso genveränderte Mücken freigesetzt werden sollen, deren Nachwuchs zu 90 Prozent aus Männchen besteht (die natürliche Proportion beträgt 50 Prozent). So soll die Mückenpopulation massiv reduziert und die Malaria eingedämmt werden, da nur weibliche Mücken diese Krankheit übertragen.

## Effizient, präzise, günstig

Das sind nur drei Beispiele für den gegenwärtigen Entwicklungsschub, der auf einer intensivierten Forschungstätigkeit in Molekularbiologie, kombiniert mit Mikrobiologie und Genetik, aber

auch auf neuen Informations- und Automations-technologien basiert. Ein besonders grosses Potenzial wird neuen Techniken zur gezielten Genveränderung wie CRISPR/Cas (siehe Box S. 9) zugeschrieben, weil sie effizient, präzise, kostengünstig und deshalb breit zugänglich sind. Im Unterschied zu den «klassischen» Gentechniken, die meist zur Übertragung von bestimmten Erbinformationen zwischen verschiedenen Arten (Transgenese) angewandt werden, lassen sich mit Genome-Editing-Verfahren wie CRISPR/Cas gezielte Veränderungen am Genom vornehmen, ohne artfremde Gene einzufügen. Sie funktionieren wie eine «Genschere», mit der man an genau definierten Stellen im Erbgut Schnitte setzen kann, um einzelne Gene auszuschalten. Es lassen sich damit aber auch defekte DNA-Teile ersetzen oder neue Gensequenzen in einen Organismus einfügen – nicht nur einzelne Gene, sondern ganze Gengruppen und -kombinationen an verschiedenen Stellen im Erbgut.

Die jüngsten Fortschritte in der Biotechnologie haben zu einer markanten Zunahme an Anwendungen im Ausserhumanbereich geführt, insbesondere im pharmazeutischen Bereich, wo man genveränderte Mikroorganismen zur Herstellung von Medikamenten und Impfstoffen nutzt, sowie in der Medizin (Gentherapie, Diagnostik), in der Landwirtschaft (Nutzpflanzen), in der Forstwirtschaft (Bäume für die Holz- und Papierwirtschaft)

## CRISPR/Cas – das «Schweizer Taschenmesser» der Gentechnologie

Das CRISPR-System basiert auf einem Abwehrsystem, mit dem sich Bakterien vor schädlichen Viren schützen. Bei einer Vireninfektion der Bakterie wird die DNA der eingedrungenen Viren in kleine Fragmente aufgespalten und in den CRISPR-Abschnitt eingefügt – Abschnitte im Bakterienerbgut, die aus kurzen, sich wiederholenden DNA-Sequenzen bestehen. Die eingefügten Sequenzen dienen der Wiedererkennung bei einer späteren Infektion. An den CRISPR-Bereich gekoppelt sind Cas-Gene. Diese enthalten die Anleitung für die Herstellung eines Proteins, das DNA-Stränge zerschneiden kann («Genschere»). Bei einem erneuten Virenbefall werden die DNA-Sequenzen in RNA umgeschrieben: Diese «Gensonde» prüft die Sequenz der Viren-DNA. Stimmt diese mit dem gespeicherten Abschnitt überein, bindet die RNA an die virale DNA an und signalisiert der Genschere damit, sie zu zerschneiden und die Vireninfektion zu stoppen.

2012 konnten Forschende erstmals zeigen, wie sich CRISPR/Cas als programmierbare Genschere in Mikroorganismen nutzen lässt. Kurz darauf gelang der Nachweis, dass dieses System auch in höheren Organismen wie Pflanzen und Tieren funktioniert.

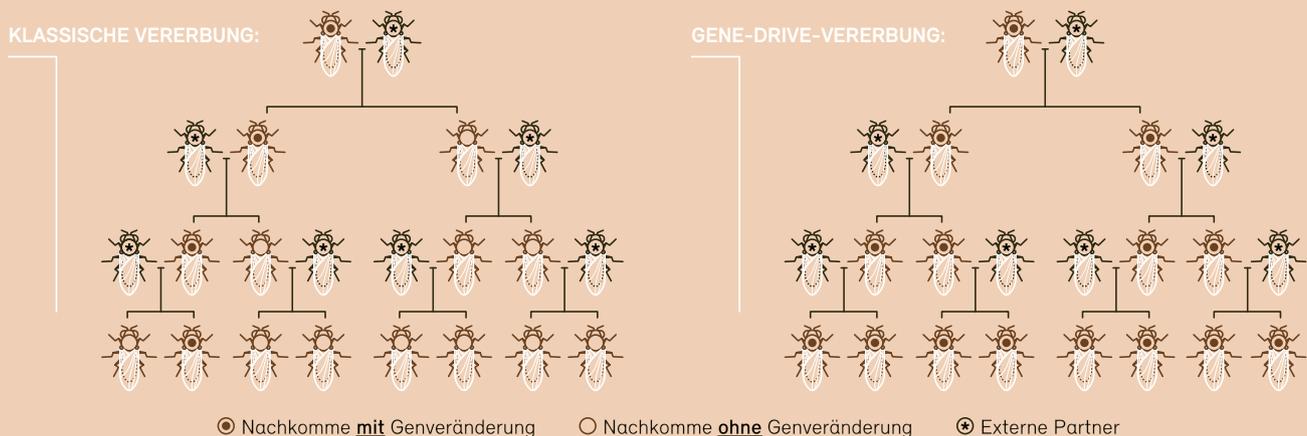
Das Verfahren läuft in drei Schritten ab: Zunächst muss im Genom, das oft aus Milliarden von Basenpaaren (DNA-Bausteine) besteht, punktgenau die Sequenz der Stelle bekannt sein, bei der eine Änderung durchgeführt werden soll. Danach schleust man genau diese Sequenz in einen CRISPR/Cas-Komplex ein und fügt ihn in Zellen des Empfängerorganismus. Die Zelle produziert dann die Gensonde und die daran gekoppelte Genschere selbst. Die Schere wird daraufhin von der Sonde zur gewünschten Stelle geführt und zerschneidet dort den DNA-Doppelstrang.

Anschliessend treten die zelleigenen Reparaturmechanismen in Aktion. Beim ersten wird der durchtrennte DNA-Strang wieder zusammengefügt – allerdings meist mit kleinen Fehlern. Die Folge: Das betreffende Gen kann nicht mehr richtig abgelesen werden und funktioniert nicht mehr. Beim zweiten Mechanismus nutzt die Zelle eine Kopie des Genabschnitts als Reparaturvorlage. Solche Vorlagen können künstlich erzeugt und in die Zellen eingefügt werden. So lässt sich die Sequenz an der Schnittstelle praktisch nach Belieben editieren – es können also auch zusätzliche DNA-Abschnitte eingefügt werden. Deshalb spricht man bei diesen Werkzeugen von Genome-Editing.

## Gene Drive – die beschleunigte Ausbreitung einer Veränderung

Die Gene-Drive-Technik zielt darauf ab, eine Eigenschaft rasch und präzise in einer bestehenden, frei lebenden Population zu verändern oder neu einzubringen. Das Prinzip ist simpel: Eine gewollte genetische Veränderung wird zusammen mit einem genetischen Kopiermechanismus in einen Organismus eingebracht. Dieser Mechanismus überträgt die gewünschte Veränderung immer auf beide Kopien eines Zielgens. Dadurch erhalten alle Nachkommen die Veränderung, und diese breitet sich im Laufe der Generationen in der Population aus (bei der normalen klassischen Vererbung wird eine genetische Veränderung nur an die Hälfte der Nachkommen weitergegeben). Im Labor wurden bereits erste Versuche mit CRISPR/Cas-basierten Gene Drives erfolgreich durchgeführt, zum Beispiel in Hefepilzen, Fruchtfliegen und Mücken.

Mögliche Anwendungen werden insbesondere in folgenden Bereichen diskutiert: Public Health (Vernichtung von Insekten als Krankheitsüberträger oder Ausschalten von deren Fähigkeit, Krankheitsüberträger zu sein), Landwirtschaft (Bekämpfung von «Unkräutern» und «Schädlingen») sowie Naturschutz (genetische Stärkung von gefährdeten Arten oder Populationen).



und in der Industrie, wo genveränderte Algen, Pilze oder Bakterien zur Gewinnung von Ölen, Enzymen, Vitaminen oder Aromen eingesetzt werden.

Für die Tierzucht eröffnen sich dank Genome-Editing-Verfahren ebenfalls neue Möglichkeiten: Dabei geht es um Resistenzen gegen Infektionskrankheiten oder um grössere Muskelmasse, um die Unterdrückung bestimmter Allergene in der Milch oder um die Eigenschaften der Wolle. Bisher scheinen diese Projekte erfolgversprechender zu sein als solche mit klassischer Gentechnik. Bereits auf dem Markt sind genveränderte «Leuchtfische» und Fleischprodukte von GV-Lachsen, die schneller wachsen und weniger Futter brauchen. In der Schweiz sind beide nicht zugelassen, da genveränderte Wirbeltiere nur für Zwecke der Forschung, Therapie und Diagnostik an Menschen oder Tieren erzeugt und in Verkehr gebracht werden dürfen.

Unmittelbar vor einer grossen Konferenz zur Veränderung des menschlichen Erbguts Ende letzten Jahres sorgte eine Neuigkeit für einen Aufschrei. Völlig überraschend wurde bekannt, dass mit CRISPR/Cas genetisch veränderte Zwillinge zur Welt gekommen sind. Die Babys sollen dadurch gegen das HI-Virus geschützt sein. Seit vor wenigen Jahren klar wurde, dass CRISPR/Cas auch beim Menschen angewendet werden könnte, gilt in den Wissenschaften der Konsens, zumindest für den Moment bei Menschen auf vererbte Veränderungen zu verzichten. Die Nachricht löste weltweit Diskussionen über Freiheit und Ziele der Forschung und über den Bedarf einer strengeren Regulierung aus. In der Schweiz sind solche Eingriffe ins menschliche Genom verboten.

### Biologische Systeme aus dem «Labor»

Ein weiterer Entwicklungsschub wird von der Synthetischen Biologie erwartet, einem noch jungen interdisziplinären Forschungsgebiet im Schnittstellenbereich von Molekularbiologie, Chemie, Ingenieurwissenschaften, Biotechnologie und Informationstechnik (siehe Box S. 16). Forschende verschiedener Fachrichtungen arbeiten

gemeinsam daran, biologische Systeme wie Zellen, Moleküle und Gewebe im Labor zu entwickeln und Organismen mit neuen Eigenschaften auszustatten oder herzustellen.

## «Der Biotech-Boom erfordert weitere Anstrengungen bei Biosicherheit und Umweltrisikobewertung.»

Anne Gabrielle Wüst Saucy | BAFU

Im Unterschied zur klassischen Gentechnik werden nicht einzelne (artfremde) Gene in einen Organismus übertragen, sondern neue oder veränderte biologische Elemente und Systeme (z. B. ein Stoffwechselweg mit mehreren involvierten Genen) in Organismen eingeschleust, damit diese bestimmte Substanzen produzieren: etwa ein Medikament, ein Aroma oder einen Biotreibstoff. Es lassen sich so auch Materialien herstellen, die von keinem natürlichen Organismus produziert werden, wie beispielsweise 1,4-Butandiol, eine Grundchemikalie für die Kunststoffproduktion. Ihre Herstellung basiert auf einem Syntheseweg ohne natürliches Vorbild. Oft werden Gene verwendet, deren DNA-Abfolge am Computer entworfen wurde, damit sie einen jeweils vorgegebenen Zweck erfüllen.

Der vermehrte Einsatz von Gentechnologien stellt neue Herausforderungen an den sicheren Umgang mit damit veränderten Organismen. Für den Natur- und Umweltschutz besonders relevant sind genveränderte Organismen (GVO), die in der Umwelt freigesetzt werden oder unbeabsichtigt in die Umwelt gelangen. Denn für diese gilt wie für alle Organismen: Sie vermehren, vermischen und verändern sich. Nicht nur die Organismen, sondern auch die eingebrachten genetischen Veränderungen könnten sich in unerwünschter Weise vertikal (durch die Weitergabe an Nachkommen)

oder horizontal (durch die Übertragung von genetischem Material an andere Organismen) ausbreiten und die Gesundheit von Mensch und Tier gefährden sowie die Umwelt und Biodiversität beeinträchtigen.

### Direkte Eingriffe in die Umwelt

Eine besondere Herausforderung in Bezug auf Sicherheit und Umweltauswirkungen ist die Gene-Drive-Methode (siehe Grafik S. 9). Sie ermöglicht es, eine genetische Veränderung in eine natürliche Population einzubringen und auf alle Individuen auszubreiten. Während eine eingebrachte genetische Veränderung bei der geschlechtlichen Vererbung nur an die Hälfte der Nachkommen weitergegeben wird und sich über die Generationen auswächst, wird bei einem Gene Drive die gewünschte Veränderung an alle Nachkommen vererbt und kann sich so rasch in einer Population verbreiten. Die Anwendungsmöglichkeiten sind vielfältig: Mit Gene Drive lassen sich z. B. Schädlinge, Krankheitsüberträger oder gebietsfremde invasive Arten eindämmen oder ausmerzen. Dass dieser Ansatz grundsätzlich funktioniert, wurde im Labor bereits bestätigt. Wie sich die Elimination einer Population oder einer Art auf das Ökosystem und die Biodiversität auswirkt, ist indes kaum abzuschätzen.

Das BAFU begleitet die Entwicklungen im Bereich der Biotechnologie, es führt Monitorings durch und sorgt dafür, dass die rechtlichen Anforderungen in Bezug auf die Anwendungen der Biotechnologie eingehalten werden. Biotechnologische Prozesse – sei es in der Produktion oder in der Forschung – müssen in einem sicheren Rahmen stattfinden. «Die Herausforderung besteht darin, mögliche Risiken für Mensch und Umwelt frühzeitig zu erkennen, zu beurteilen und Massnahmen zur Begrenzung der Risiken zu ergreifen», erklärt Anne Gabrielle Wüst Saucy, Leiterin der Sektion Biotechnologie des BAFU. Bei den neuen Techniken sei die Risikoabschätzung besonders schwierig, weil Erfahrungswerte fehlten: «Die

Wissenschaft kann die Bedeutung der neuartigen Veränderungen an Genomen und die daraus folgenden Risiken in vielen Fällen noch nicht ermes-sen.» Weil es aber plausible Gründe zur Besorgnis gibt, dass der Umgang mit GVO schädliche Folgen für die Umwelt und die Gesundheit von Pflanzen, Tieren und Menschen haben kann, gilt das Vorsorgeprinzip. Das Gentechnikgesetz (GTG) schreibt eine allgemeine Sorgfaltpflicht vor und verlangt fallorientierte Risikobewertungen und entsprechende Sicherheitsmassnahmen. Zudem gilt die Melde-, Bewilligungs- und Informationspflicht.

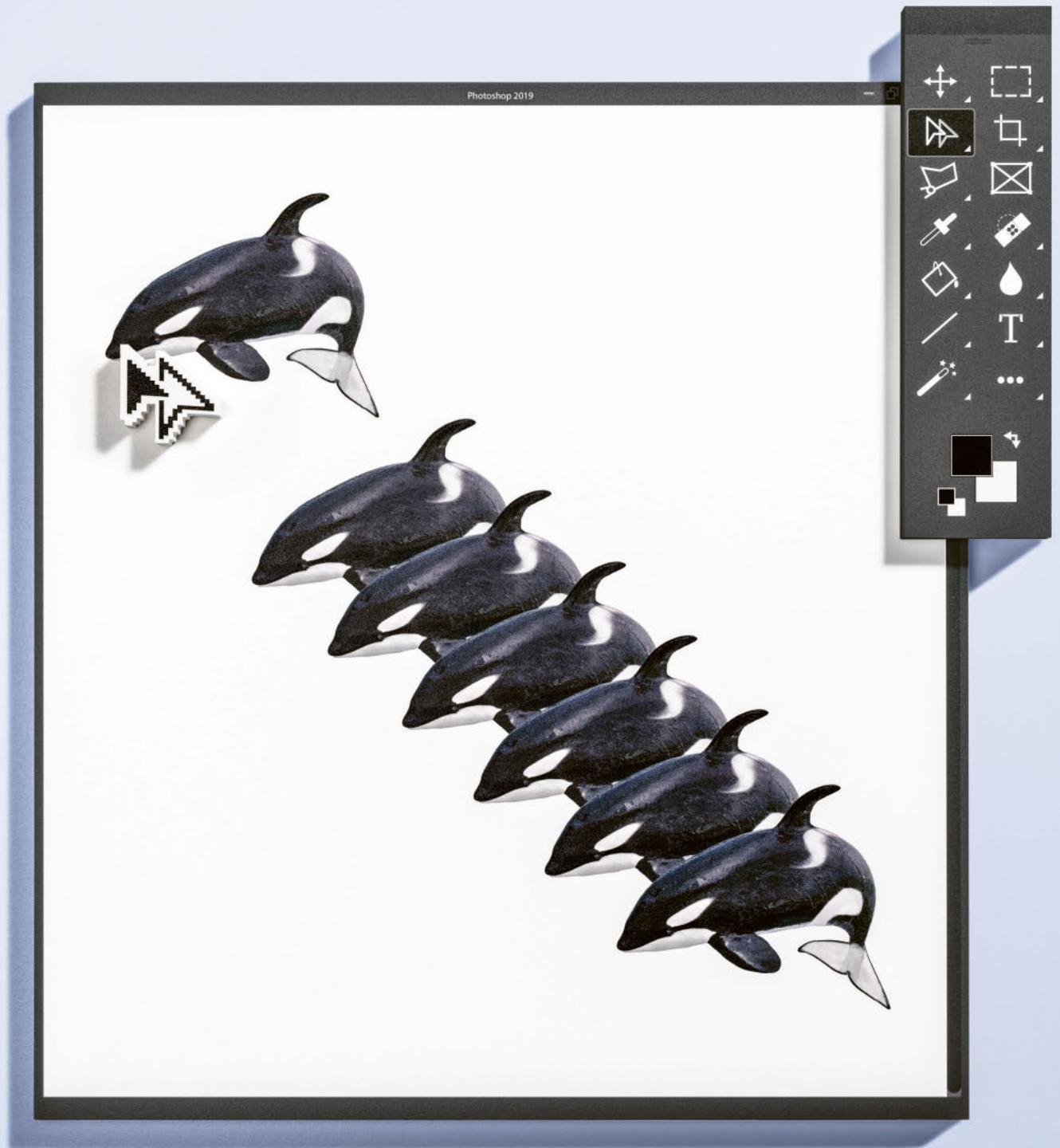
### Kultur der Biosicherheit

Ein Grundprinzip beim Umgang mit GVO ist die Einzelfallanalyse: Jedes Vorhaben muss auf seine Risiken hin und aufgrund plausibler Risikoszenarien überprüft werden. Ausserdem gilt das Stufenprinzip: Erst wenn auf einer Stufe ausreichende Informationen über den betreffenden Organismus gewonnen wurden, geht man weiter zur nächsten Stufe. Diese Stufen bestehen typischerweise aus Versuchen im sogenannten geschlossenen System (z. B. Labor, Gewächshaus) und im Freiland. Und nur wenn mit umfangreichen Daten die Sicherheit des untersuchten Organismus belegt wurde, wird es allenfalls möglich, ihn als Produkt zu verwenden. Diesen Regelungen und einer in den letzten 25 Jahren gewachsenen «Kultur der Biosicherheit» ist es zu verdanken, dass in der Schweiz keine gravierenden unkontrollierten Freisetzungen beim (beabsichtigten) Umgang mit GVO zu verzeichnen sind. «Der aktuelle Biotech-Boom erfordert nun weitere Anstrengungen im Bereich der Biosicherheit und der Umweltrisikobewertung», erklärt Anne Gabrielle Wüst Saucy.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-01](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-01)

---

Anne Gabrielle Wüst Saucy |  
Sektionschefin Biotechnologie | BAFU  
[annegabrielle.wuestsaucy@bafu.admin.ch](mailto:annegabrielle.wuestsaucy@bafu.admin.ch)



Dürfen wir Arten einfach kopieren?

## Synthetische Biologie

# «Wenn man etwas baut, kann man es besser verstehen»

Ausgehend von standardisierten Komponenten versucht die Synthetische Biologie, im Labor biologische Systeme nachzubauen, zu verändern oder neu zu entwerfen. Über die Potenziale und die möglichen Risiken der jungen Fachrichtung hat sich «die umwelt» mit der Biologin Yolanda Schaerli und dem Ethiker Gérald Hess unterhalten. **Interview:** Lucienne Rey

## Woran arbeiten Sie zurzeit, Frau Schaerli?

**Yolanda Schaerli:** Meine Gruppe interessiert sich für Genregulationsnetzwerke. Wir möchten mehr über die Evolution und die Mechanismen dieser Netzwerke lernen. Dabei arbeiten wir mit *Escherichia coli*-Bakterien und folgen dem Bottom-up-Ansatz der Synthetischen Biologie (dieser zielt darauf ab, biologische Systeme von Grund auf neu zu erzeugen, die Red.). Leitend ist die Idee: Wenn man etwas bauen kann, dann kann man es besser verstehen. Im Blickpunkt unserer Forschung stehen Netzwerke, die räumliche Muster erzeugen – wie beispielsweise auf den Flügeln von Schmetterlingen. Auch in der Embryonalentwicklung sind räumliche Muster wichtig.

«Gemäss westlicher Denktradition darf die Natur so modifiziert werden, dass sie für den Menschen nützlich ist.»

Gérald Hess | Ethiker

## Was sagt der Ethiker, wenn er hört, dass man etwas nachbaut, um es besser zu verstehen?

**Gérald Hess:** Zuerst einmal bezweifle ich, dass die Synthetische Biologie gegenüber der Gentechnik

etwas grundsätzlich Neues bringt. Beides fügt sich in die westliche Denktradition ein, wonach die Natur so modifiziert werden darf, dass sie für den Menschen nützlich ist und seinen Zielen entspricht. Das ist eine Vorstellung, die erst mit der Wissenschaft des 17. Jahrhunderts ihren Durchbruch hatte. In der griechischen Antike war das noch anders, da wurde Wissen um seiner selbst geschätzt. Heute treibt man selbst die Grundlagenforschung in der Absicht voran, sie für bestimmte praktische Ziele anzuwenden.

**Schaerli:** Das Feld in der Synthetischen Biologie ist recht weit. Es gibt Gruppen, die deklarieren, für welche Anwendungen ihre Forschung genutzt werden könnte. Andere sind erst einmal auf reinen Wissenszuwachs aus. Die Synthetische Biologie erweitert die bisherige Gentechnik aber durchaus um neue Elemente. Zum Beispiel legt sie viel Wert auf Standardisierung, Modularität und Abstraktion. Ausserdem forscht sie eher an Netzwerken und Stoffwechselfaden und weniger an einzelnen Genen.

**Hess:** Gemeinsam ist aber beiden Ansätzen, dass sie das Lebendige reduktionistisch betrachten und instrumentalisieren, sodass es sich für bestimmte Zielsetzungen transformieren lässt.

**Schaerli:** Das ist allerdings nichts Neues, sondern trifft beispielsweise auch auf die konventionelle Pflanzenzüchtung und Tierzucht zu. Wir haben höchstens die Präzision der Eingriffe verbessert.

**Was genau ist für Sie «Leben», wodurch ist es gekennzeichnet?**

**Schaerli:** Selbst Biologen und Biologinnen tun sich schwer mit dieser Frage. Es gibt eine Reihe von Merkmalen, etwa dass Lebewesen in Zellen organisiert sind, über einen Stoffwechsel verfügen, wachsen und sich verändern. Ausserdem reagieren sie auf Reize und pflanzen sich fort. Bestimmte Grenzfälle wie Viren erfüllen aber nicht alle genannten Kriterien.

**Hess:** Aus philosophischer Perspektive unterscheiden wir zwei Sichtweisen. Die eine geht von Eigenschaften aus, die bestimmte Funktionen erfüllen. Sie betrachtet die Äusserlichkeiten des Lebendigen, das sie somit objektiviert und manipulierbar macht. Im Unterschied dazu akzeptiert die ganzheitlichere Auffassung zwar eine Reihe äusserlicher Merkmale. Sie setzt aber zugleich auch voraus, dass die Forschenden selbst Lebewesen sind und nur als solche das Leben überhaupt verstehen können. Diese Position geht davon aus, dass die Wissenschaft nicht alles Lebendige objektivieren und erklären kann.

**Wenn die Synthetische Biologie Organismen zusammenbaut, die es so noch nicht gibt, vermag sie diese zu kontrollieren und die Folgen ihrer Experimente abzuschätzen?**

**Schaerli:** Wir sind noch nicht so weit, tatsächlich neue Organismen zu konstruieren. Aber uns leitet die Idee, dass durch das Prinzip des Engineerings die Eingriffe auch in der Biologie planbar werden. Wenn wir eine Brücke bauen, zeigen uns die Pläne, was am Ende entstehen wird. Die Biologie ist allerdings sehr komplex, was die Vorhersehbarkeit erschwert. Zugleich macht es diese Arbeit spannend, was auch der Grund ist, wieso sie mich fasziniert.

**Können Sie verstehen, dass es Menschen gibt, die vor Ihrer Arbeit Angst haben – weil Sie möglicherweise etwas bauen, was Ihnen wie beim Zauberlehrling über den Kopf wachsen könnte?**

**Schaerli:** Ja, das kann ich durchaus nachvollziehen, und daher ist es auch wichtig, zu erklären, was wir

machen und welche Sicherheitsmassnahmen wir anwenden. Wir müssen in der Gesellschaft Interesse und Verständnis für unsere Forschung wecken. Denn schliesslich trägt die Synthetische Biologie dazu bei, heute vielfach praktizierte Anwendungen zu verbessern. Und sie ermöglicht neue Anwendungen, etwa in der Synthese von Chemikalien oder bei der Diagnose und Behandlung von Krankheiten.

**Hess:** Um zu beurteilen, ob es sich bei einer Technologie um eine Verbesserung handelt, muss in erster Linie die Zielsetzung betrachtet werden. Es gibt durchaus lobenswerte Ziele, etwa wenn gentechnisch modifizierte Organismen zur Herstellung von Medikamenten dienen.

*«Auf Bakterien das Konzept der Würde anzuwenden, bereitet mir Mühe.»*

Yolanda Schaerli | Biologin

**Mit neuen Technologien wie CRISPR/Cas und Gene Drive (siehe Box und Grafik auf S. 9) ist es im Prinzip möglich, beispielsweise ganze Populationen von Mücken, die die Malaria übertragen, auszumerzen. Sollten wir diese Möglichkeiten nutzen?**

**Hess:** Auch hier gilt: Zunächst muss das Ziel moralisch legitim sein, was bei der Bekämpfung einer schweren Krankheit sicher der Fall ist. Sodann gilt es zu klären, welche Risiken für Mensch und Umwelt bestehen und ob diese handhabbar sind. Wird eine solche Technik in ein komplexes Ökosystem eingeführt, lassen sich die Nebenfolgen allerdings kaum abschätzen. An erster Stelle muss daher das Vorsorgeprinzip stehen, das vor jeglicher Anwendung einer neuen Technologie versucht, die noch ungewissen Folgen abzuklären, um die Risiken so gut wie möglich identifizieren und einschätzen zu können.



## Naturwissenschaft trifft Ethik

**Yolanda Schaerli** ist als Assistenzprofessorin an der Universität Lausanne tätig. Nach einem Studium der Biochemie und Molekularbiologie an der ETH Zürich arbeitete sie zuvor im Rahmen mehrjähriger Forschungsaufenthalte an der Universität Cambridge (UK), am Centre for Genomic Regulation in Barcelona und an der Universität Zürich.

Von 2003 bis 2010 befasste sich der Philosoph **Gérald Hess** als wissenschaftlicher Mitarbeiter des BAFU mit ethischen Fragen, die insbesondere die Biotechnologie aufwirft. Heute unterrichtet er als Lehr- und Forschungsbeauftragter an der Fakultät für Geowissenschaften und Umwelt der Universität Lausanne das Fach Umweltethik.

## Synthetische Biologie – von der Manipulation zur Kreation

Die Synthetische Biologie ist ein Fachgebiet im Grenzbereich von Molekularbiologie, organischer Chemie, Ingenieurwissenschaften, Nanobiotechnologie und Informationstechnik. Sie wird von einigen ihrer Vertreter und Vertreterinnen als die neueste Entwicklung der modernen Biologie bezeichnet. Unter den Begriff «Synbio» fallen verschiedene Ansätze. Gemeinsam ist ihnen das Ziel, neuartige Organismen oder biologische Komponenten herzustellen. Sie setzen aber auf unterschiedlichen Ebenen an und weichen in ihren Methoden voneinander ab.

### BIO-ENGINEERING:

Ähnlich wie bei einem Computer sollen im Bio-engineering-Ansatz die einzelnen biologischen Bauteile (genetische Standard-Elemente) nach einer hierarchischen Struktur zusammengebaut werden. Bevor die Arbeit im Labor beginnt, erstellen die Forscher am Computer detaillierte Modelle von Regulationsmechanismen oder Stoffwechselwegen.

### SYNTHETISCHE GENOMIK:

In der synthetischen Genomik geht es darum, ein gesamtes Erbgut künstlich im Labor herzustellen. Mithilfe chemischer und molekularbiologischer Methoden werden die einzelnen Bausteine der DNA (die Nukleotide) in der gewünschten Reihenfolge aneinandergelagert. Kürzere DNA-Abschnitte, wie etwa ein einzelnes Gen, können bereits kommerziell bestellt werden. 2010 gelang es einer Forschergruppe um den amerikanischen Biochemiker Craig Venter, ein Bakterium mit einem komplett synthetisch erzeugten Erbgut herzustellen. Das Erbgut wurde nach einem natürlichen Vorbild produziert.

### XENOBILOGIE:

Ziel dieser Forschungsrichtung ist es, Organismen mit einem neuen – in der Natur nicht bekannten (xeno bedeutet fremd) – genetischen System zu entwickeln. Manche Forscher versuchen, neue Formen von Nukleinsäuren («xeno nucleic acid», XNA) als Alternativen zu RNA (Ribonukleinsäure) und DNA (Desoxyribonukleinsäure) zu entwickeln. Andere bleiben bei den herkömmlichen Nukleinsäuren, wollen aber einen neuen genetischen Code entwerfen.

### PROTOZELLEN:

Forschende, die diesen Ansatz verfolgen, wollen aus Molekülen lebende Zellen herstellen. Als Vorstufen produzieren sie sogenannte Protozellen, das heisst kleine Bläschen mit einer Fetthülle, in denen einzelne biochemische Reaktionen ablaufen. Bisher ist man aber noch weit davon entfernt, Zellen produzieren zu können, die sich als «lebend» bezeichnen liessen.

**Quelle:** naturwissenschaften.ch

**Es wird auch darüber diskutiert, mithilfe dieser Techniken bestimmte Tierpopulationen, die von einer existenziellen Erkrankung bedroht sind, gegen diese zu immunisieren. Was halten Sie von solchen Überlegungen?**

**Schaerli:** Bei solchen Eingriffen ins Ökosystem sollte man meiner Meinung nach sehr vorsichtig sein; die eingefügten Veränderungen könnten unter Umständen auf andere Arten überspringen. Jedenfalls wäre jede Anwendung einzeln zu überprüfen, und es käme auch auf die Alternativen an.

**Hess:** Es lässt sich nicht a priori entscheiden, ob eine Technologie genutzt werden oder auf sie verzichtet werden soll. Es gälte natürlich, die Risiken zu klären und die Absichten zu hinterfragen. Aber wenn mit einer Technik eine bedrohte Art gerettet werden kann und es sicher ist, dass dadurch keine anderen Risiken entstehen, sehe ich wenig Gründe, die gegen ihren Einsatz sprechen.

**In der Schweiz sind einige Verfahren zur Erzeugung von Organismen mit neuen Merkmalen wie**

etwa in der Pflanzenzüchtung unterschiedlich geregelt. Wenn für die ethische Beurteilung die Zielsetzung den Ausschlag gibt, wäre da nicht das Endprodukt in den Blickpunkt zu stellen – unabhängig davon, ob es beispielsweise mit Strahlung oder Gentechnik (siehe Grafik S. 19) hergestellt wird?

**Hess:** Eigentlich schon. Es gibt halt gewisse Inkohärenzen. Bestrahlung und gentechnischer Eingriff können zwar die gleiche Wirkung entfalten, doch man hält die Strahlung für sicherer. Das könnte aber durchaus ein Irrtum sein. Jede Technik sollte achtsam eingesetzt werden. Hier kommt das Vorsorgeprinzip zum Tragen, das ein schrittweises Vorgehen fordert: Neue Entwicklungen werden zuerst im Labor getestet, dann in geschlossenen Systemen und dann auf abgeschirmten Freilandflächen.

**Schaerli:** Da bin ich mit Ihnen einverstanden. Eine Voraussetzung dafür ist allerdings, dass es erlaubt ist, solche Versuche überhaupt durchzuführen. Sonst ist es nicht möglich, die erforderlichen Kenntnisse zu erwerben.

**In der Bundesverfassung ist die Rede von der «Würde der Kreatur». Haben aus Ihrer Sicht auch Bakterien eine Würde, die verletzt werden kann?**

**Schaerli:** Die Würde ist ein menschliches Konzept, und was uns nähersteht, gewichten wir mehr. Es fällt uns schwerer, Tiere zu töten als Pflanzen. Bakterien sind uns noch einmal ferner. Ich persönlich habe kein schlechtes Gewissen, wenn ich im Labor meine Experimente mit Bakterien durchführe. Auf sie das Konzept der Würde anzuwenden, bereitet mir Mühe. Aber wir sollten sie sicher nicht gedankenlos ausführen.

**Hess:** In der französischen Übersetzung des Verfassungsartikels 120 wird für «Würde der Kreatur» nicht der Ausdruck «dignité» verwendet, sondern «intégrité des organismes vivants». Dieser Ausdruck lässt sich besser als der Begriff der Würde auf das gesamte Lebendige anwenden, indem allen lebenden Organismen ein moralischer Wert zukommt. Für Bakterien aber wurden keine

Gesetze verabschiedet, weil ihr moralischer Status zu schwach ist. Generell gibt es nicht die eine ethische Position: Je nachdem, ob etwa die Denkfähigkeit oder aber die Leidensfähigkeit oder schlicht die Lebenskraft eines Organismus als Kriterium zählt, fällt die moralische Bewertung anders aus. Mit dem Begriff der Würde der Kreatur wollte der Gesetzgeber darauf hinweisen, dass es gewissen Teilen der Natur Rechnung zu tragen gilt.

**Im Zusammenhang mit der Synthetischen Biologie werden gelegentlich Befürchtungen laut, in der «Do-it-yourself-Biologie» könnten in einer Garage ein Labor eingerichtet und die biologischen Komponenten über Internet bestellt werden. Wie schätzen Sie die Gefahr von Missbrauch ein?**

**Schaerli:** Die Hürden sind hoch, es braucht dazu eine gute Ausbildung. Die Biohacking-Labors befolgen meistens einen ethischen Kodex. Und natürlich müssen sie die gleichen Sicherheitsregeln einhalten wie die Labors von Hochschulen oder Betrieben. Die Biohacker haben auch eine sehr positive Wirkung, indem sie Leute informieren und für die Biologie begeistern (vgl. Artikel auf S. 23, Anm. d. Red.). Gerade in der Synthetischen Biologie pflegt man eine starke Kultur des Teilens und gewährt den Kollegen Zugriff auf die Erkenntnisse.

**Kann die Ethik etwas gegen die Demokratisierung der Wissenschaft einwenden?**

**Hess:** Nein, überhaupt nicht. Die Öffentlichkeit muss über technische Entwicklungen auf dem Laufenden sein, und es sollte einen Rahmen geben, wo sie sich unabhängig von wirtschaftlichem Druck informieren kann. Die Schwierigkeit liegt allerdings darin, dass eine Technik meistens bereits existiert, bevor man mit der Bevölkerung darüber zu diskutieren beginnt.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-02](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-02)

## Neue Pflanzenzüchtungsverfahren

# Grosse Diskussionen um einen kleinen Schnitt

Mit den neuen Genome Editing-Verfahren lassen sich Pflanzen genetisch verändern, ohne dass fremdes Genmaterial eingefügt wird. In der heutigen Gesetzgebung ist der Status von Produkten aus Genome Editing nicht klar definiert. Der Bundesrat prüft die Situation und eine allfällige Anpassung des Rechts. **Text:** Nicolas Gattlen

Im Herbst 2018 wurden in den USA die ersten genom-editierten Nutzpflanzen geerntet: Sojabohnen mit einem veränderten, gesünderen Fettsäureprofil. Seit Anfang 2019 sind sie als Speiseöl oder als Zutat im Müesliriegel im Handel. Entwickelt wurden die Bohnen vom jungen Biotech-Unternehmen Calyxt aus Minnesota (USA). Den Forschern von Calyxt ist es gelungen, mithilfe von künstlich hergestellten Enzymen, sogenannten Genschern, gezielte Veränderungen an drei Genen der Pflanze vorzunehmen. In den USA kann diese Sojabohne ohne besondere Auflagen angebaut, verarbeitet und vermarktet werden. In Europa hingegen gilt sie als «gentechnisch verändert» und ist für den Anbau und Handel nicht zugelassen. Wie ist dieser fundamentale Unterschied zu erklären?

### «Es zählt das Resultat»

«In Nordamerika werden bei Zulassungsverfahren für Pflanzen primär deren Eigenschaften sowie ihre Wechselwirkungen mit der Umwelt bewertet», erklärt Jan Lucht vom Schweizer Wirtschaftsverband scienceindustries. «Der Züchtungsprozess und die dabei eingesetzten Technologien spielen eine untergeordnete Rolle.» Es zähle also das Resultat und nicht der Weg dahin. Und die gezielten, präzisen DNA-Doppelstrangbrüche, die durch gerichtete Nukleasen wie CRISPR/Cas9 hervorgerufen werden, unterschieden sich nicht

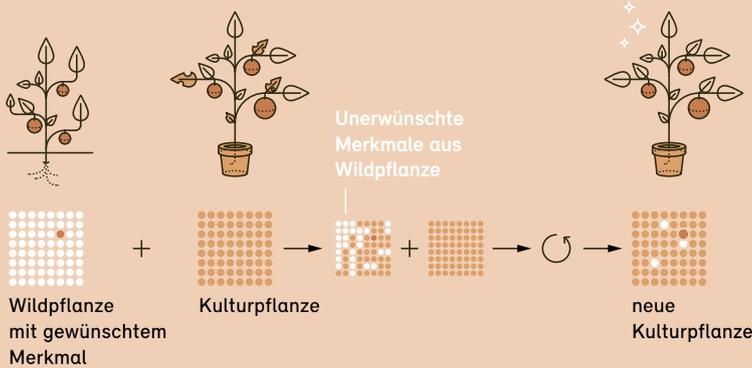
grundsätzlich von natürlichen oder induzierten ungerichteten Mutationen (siehe Grafik rechts zur klassischen Mutagenese), ausser dadurch, dass sie nur an wenigen Stellen im Erbgut auftraten. «Bei den herkömmlichen Verfahren werden vollkommen ungerichtet unzählige Erbgutveränderungen ausgelöst», sagt Lucht. «Die Genome-Editing-Verfahren sind viel gezielter und präziser. Sie führen zu Veränderungen an nur wenigen Stellen im Erbgut.»

Deshalb sei auch die Wahrscheinlichkeit, dass unbeabsichtigte Effekte auftreten, geringer als bei herkömmlichen Züchtungsverfahren. Es sei daher nicht zu erwarten, dass gen-editierte Pflanzen mit grundsätzlichen Risiken behaftet seien, die über diejenigen der herkömmlichen Züchtungen hinausgingen.

### Gänzlich neuer Organismus?

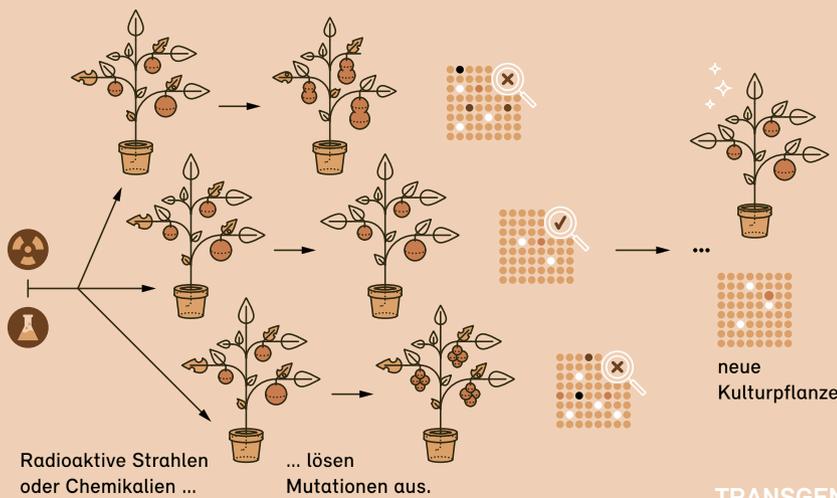
Zu einer ganz anderen Bewertung kommt Martina Munz, Präsidentin der Schweizer Allianz Gentechfrei (SAG): «Herkömmliche Mutagenese und Genome Editing dürfen auf keinen Fall gleichgesetzt werden. Mit Genome Editing können gleichzeitig mehrere Veränderungen in einer Zelle vorgenommen werden. Es lassen sich damit komplette Gruppen von Genen, die ähnliche oder identische Strukturen haben, mit einem Schritt verändern. So kann ein gänzlich neuer Organismus geschaffen

# PFLANZENZÜCHTUNGSVERFAHREN



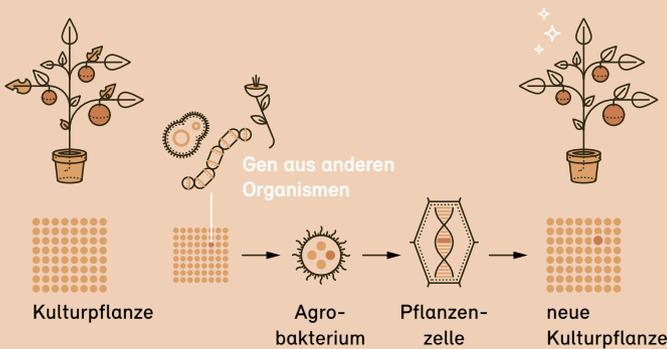
## KREUZUNGSZÜCHTUNG

Ziel der Kreuzung ist es, Eigenschaften zweier Eltern in den Nachkommen zu vereinen. Dabei gelangen aber auch unerwünschte Gene beziehungsweise Eigenschaften in das Erbgut der Nachkommen. Die Züchter müssen deshalb immer wieder die Nachkommen mit der Ausgangskulturpflanze kreuzen (Rückkreuzung) und Pflanzen mit unerwünschten Eigenschaften ausselektionieren, bis nur noch der gewünschte Abschnitt in der Linie enthalten ist.



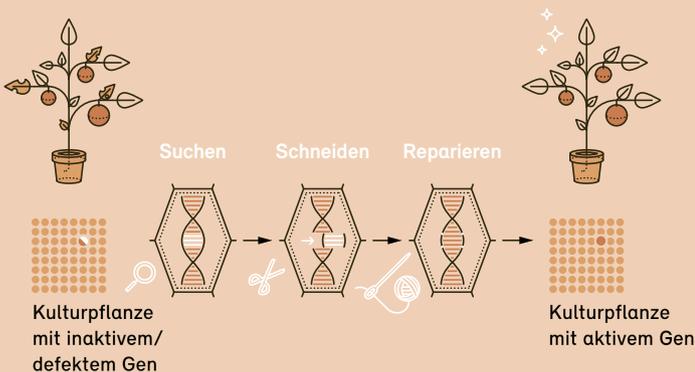
## KLASSISCHE MUTAGENESE

Als klassische Mutagenese bezeichnet man die künstliche, ungezielte Erzeugung von Mutationen im Erbgut der Pflanzen. Die Mutationen können durch Chemikalien oder ionisierende Strahlen ausgelöst werden. Der weitaus grösste Teil der Mutationen ist für die Pflanze schädlich oder sogar tödlich. Es entstehen aber auch interessante neue Eigenschaften. Ausserdem erlaubt der Ausfall von einzelnen Genen Rückschlüsse auf deren Bedeutung und Funktionsweise.



## TRANSGENESE (KLASSISCHE GENTECHNIK)

Als transgen (lat. trans = jenseitig) werden Pflanzen bezeichnet, denen Gene von artfremden Organismen (z. B. Bakterien) gentechnisch übertragen wurden. Beim Gentransfer werden zuerst im Reagenzglas bestimmte DNA-Sequenzen zu einem Genkonstrukt kombiniert. Dieses wird dann an einer zufälligen Stelle im Genom des Empfängerorganismus eingebaut. Dazu werden DNA-Fragmente in Zellen injiziert, mit dem Ziel, diese ins eigene Erbgut einzubauen. Die DNA-Fragmente werden direkt «eingeschossen» oder durch einen Vektor (Mikroorganismen) in Zellen transferiert. Bei cisgenen (lat. cis = diesseitig) Pflanzen stammt das übertragene Gen aus derselben Pflanzenart wie der Empfängerorganismus oder aus einer Art, mit der die Pflanze gekreuzt werden kann.



## GENOME EDITING

Mit dem Begriff Genome Editing werden verschiedene molekularbiologische Verfahren bezeichnet, mit denen gezielt Veränderungen in DNA-Sequenzen vorgenommen werden. Die wichtigsten sind die «programmierbaren Genschere» (z. B. CRISPR/Cas, siehe Box S. 9) und die Oligonukleotid-gesteuerte Mutagenese (OgM; englisch ODM). Mit den neuen Verfahren werden einzelne Sequenzen des Genoms «umgeschrieben». Gemeinsam ist den Verfahren, dass sie zellinterne Reparaturmechanismen nutzen, um gewünschte Veränderungen am Genom hervorzubringen.

werden, mit Eigenschaften, die es in dieser Kombination noch nie gab.» Ausserdem wüssten die Forscher noch sehr wenig über die zellinternen Prozesse, die mit Genome Editing ausgelöst werden. Da die Verfahren noch sehr jung seien, fehlten eine umfassende Risikobeurteilung sowie Langzeiterfahrungen, erklärt Martina Munz. Die SAG fordert deshalb in einer Petition zuhanden des Bundesrats und Parlaments, dass die neuen Verfahren und die damit entwickelten Organismen unter das Gentechnikgesetz gestellt werden.

Eine ähnliche Begründung führten die Richter des Europäischen Gerichtshofs an, als sie im Juli 2018 in einem Präzedenzfall zum Schluss kamen, dass genom-editierte Pflanzen den strengen Regeln des Gentechnikrechts der EU unterstehen und einer Zulassung wie für klassische genveränderte Organismen (GVO) bedürfen. Die Richter argumentierten, dass es bei den neuen Pflanzenzüchtungen noch kaum Erfahrungswerte gebe. Auch sprachen sie von «vergleichbaren Risiken», die den klassischen Gentechnikmethoden wie der Transgenese (siehe Grafik S. 19) innewohnen. Daran stört sich der Verband scienceindustries: «Der Entscheid wurde ohne Berücksichtigung wissenschaftlicher Grundlagen aufgrund der veralteten EU-Gentechnikgesetzgebung gefällt», sagt Jan Lucht. «Das EU-Recht aber hat mit den rasanten Entwicklungen nicht Schritt gehalten und blockiert nun Lösungen für die drängenden Probleme einer nachhaltigen Landwirtschaft wie zum Beispiel hitzetolerante oder pilzresistente Sorten, die weniger Pestizide benötigen.»

### Unterschiedliche Risikoklassen

Auch das Schweizer Gentechnikgesetz, das 2003 in Kraft getreten ist, datiert aus einer Zeit, als Genscheren noch unbekannt waren. GVO etwa definiert es als «Organismen, deren genetisches Material so verändert worden ist, wie dies unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt». Wie die neuartigen genom-editierten Pflanzen gemäss

der heutigen Gesetzgebung behandelt werden sollen, ist umstritten. Deshalb hat der Bundesrat die zuständigen Bundesämter beauftragt, zu prüfen, ob es Anpassungen des geltenden Rechts an die neuen Entwicklungen braucht. Dabei will er am Vorsorgeprinzip und an der Risikobeurteilung festhalten. Die zuständigen Bundesstellen sollen nun klären, wie sich die neuen gentechnischen Verfahren und die damit hergestellten Produkte entsprechend den Risiken für Menschen, Tiere und Umwelt kategorisieren lassen.

*«Es ist nicht zu erwarten, dass gen-editierte Pflanzen mit höheren Risiken behaftet sind als herkömmliche Züchtungen.»*

Jan Lucht | scienceindustries

Beat Keller, Professor am Institut für Pflanzen- und Mikrobiologie der Universität Zürich, befürwortet eine differenzierte Regelung. «Man kann die verschiedenen Verfahren und die unterschiedlichen Eingriffe nicht alle in einen Topf werfen und die Risiken pauschal mit jenen der klassischen Gentechnik gleichsetzen. Mit CRISPR/Cas etwa lässt sich ein einzelnes Gen umschreiben oder ausschalten, man kann aber auch ein Gen mit einem Allel (Funktionsform eines Gens, Anm. d. Red.) aus einer verwandten Wildpflanze austauschen, ganze Genfamilien ausschalten oder neue Gensequenzen einfügen. Die Eingriffe sind bezüglich ihrer Risiken nicht vergleichbar.» Bisher kämen vor allem Verfahren zum Abschalten von Genen zur Anwendung. Mit den herkömmlichen Mutagenese-Methoden würden seit bald 50 Jahren einzelne Gene abgeschaltet, ohne dass negative Folgen für die Umwelt bekannt wären. Zudem verfüge man heute mit der DNA-Sequenzierung über ein gutes Kontrollinstrument. «Damit lässt sich überprüfen, ob andere, unerwünschte Mutationen auftraten.»

## Forschung: weg aus der Schweiz

Die Regulierung betrifft auch den Schweizer Industrie- und Forschungsplatz: «Aufgrund ungünstiger regulatorischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen haben die grossen Saatgutunternehmen ihre Forschung und Entwicklung im Bereich der Pflanzenbiotechnologie schon vor Jahren aus der Schweiz und Europa abgezogen», erklärt Jan Lucht von scienceindustries. «Mit einer restriktiven Regelung würde dieser status quo zementiert. Und kleine, dynamische Züchtungsunternehmen, die in den USA zu wichtigen Innovationstreibern geworden sind, hätten weiterhin kein Interesse, sich in der Schweiz niederzulassen.» Auch an den Schweizer Hochschulen gehe die Forschung an gentechnisch veränderten Nutzpflanzen seit Jahren zurück. Genome Editing werde für die Pflanzenzüchtung so gut wie gar nicht eingesetzt. «Das steht in markantem Kontrast zur internationalen Entwicklung», stellt Jan Lucht fest. «In einer aktuellen Übersicht werden bereits 102 Anwendungen bei 33 Kultur- und Zierpflanzenarten als «marktorientiert» oder sogar als «marktreife Entwicklungen» eingestuft.»

Martina Munz von der SAG wünscht sich hingegen eine Neuausrichtung der Forschung: «Die Forschungspolitik ist sowohl in der Schweiz als auch in der EU seit Jahrzehnten einseitig auf die Entwicklung neuer gentechnischer Verfahren fokussiert. Es fehlt eine ausreichende Forschung, die konsequent auf das Vorsorgeprinzip ausgerichtet ist.»

### Es fehlt am nötigen Wissen

Auch die Eidgenössische Ethikkommission für die Gentechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH, siehe S. 34/35) erkennt hier Forschungsbedarf, genauer: «eine Ermittlungspflicht, um die Ungewissheit zu reduzieren und eine angemessene Risikobeurteilung zu ermöglichen». In ihrem Bericht «Vorsorge im Umweltbereich» (2018) stellt die EKAH fest, dass die neuen Gentechniken

*«Für Genome Editing fehlen eine umfassende Risikobeurteilung und Langzeiterfahrungen.»*

Martina Munz | Schweizer Allianz Gentechfrei

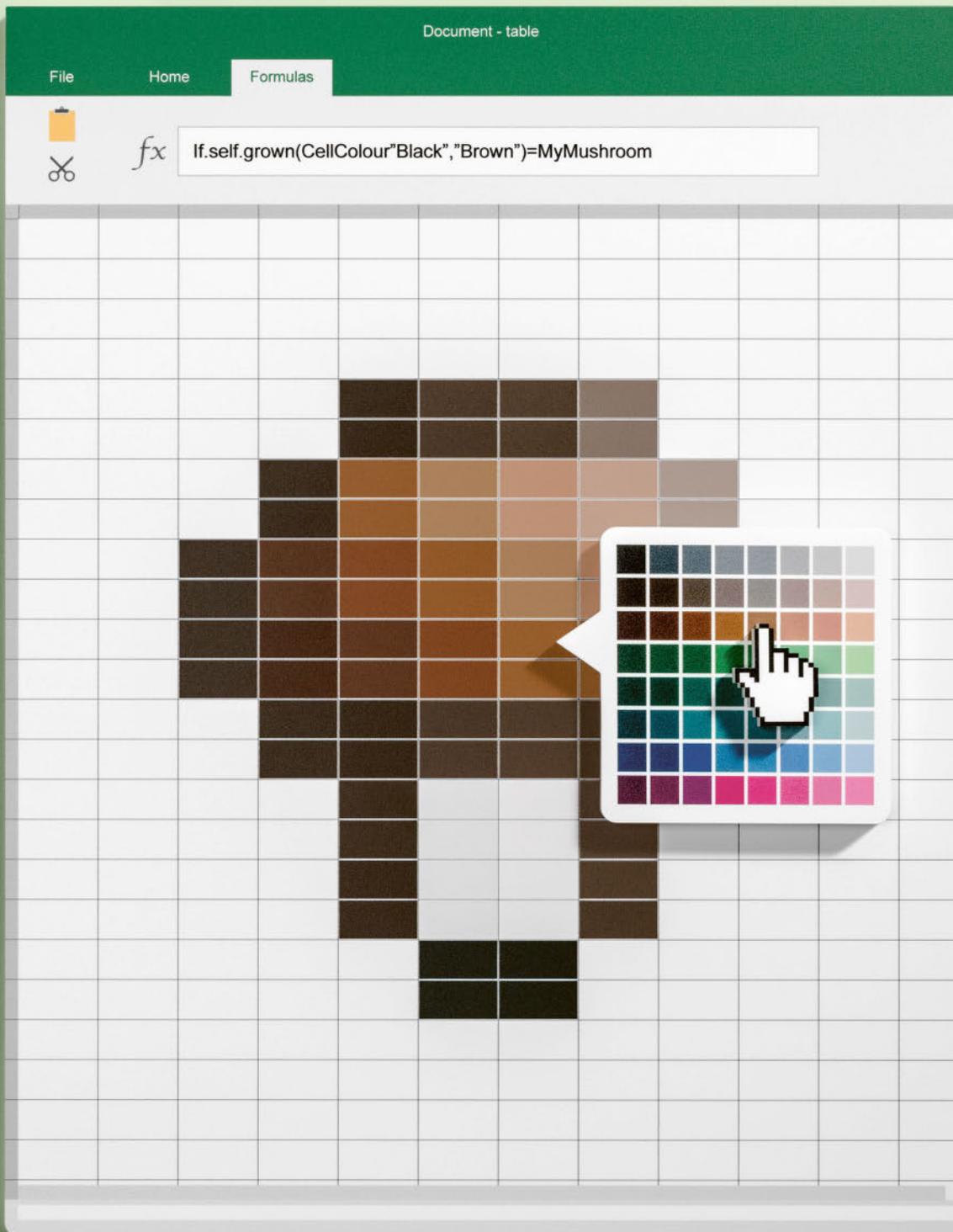
nicht als bewährte Verfahren mit bekannten und beherrschbaren Risiken gewertet werden können. Wie die neuartigen GVO mit der natürlichen Umwelt interagierten, wisse man bis dato nicht. Doch weil befürchtet werden müsse, dass sich in komplexen Systemen wie jenen der Umwelt auch mögliche kleine Veränderungen zu grossen Schäden auswachsen könnten, seien die neuen Biotechnologien dem Vorsorgeprinzip zu unterstellen. In der Beweisspflicht sieht die EKAH jene, deren Handeln einen schwerwiegenden Schaden befürchten lasse. «Sie müssen plausibel darlegen, dass ein solcher Schaden extrem unwahrscheinlich und wissenschaftlich absurd ist.»

Die Diskussion wird nun auf politischer Ebene fortgesetzt: Der Bundesrat will die Eckpunkte zur Anpassung der rechtlichen Grundlagen nach dem Sommer 2019 festlegen und lässt darauf basierend eine Vernehmlassungsvorlage erarbeiten.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-03](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-03)

---

*Christoph Lüthi | Sektion Biotechnologie | BAFU*  
[christoph.luethi@bafu.admin.ch](mailto:christoph.luethi@bafu.admin.ch)



**Darf jeder seine eigenen Organismen erschaffen?**

## Do-it-yourself-Biologie

# Gentech-Experimente in der Garage

Immer mehr Amateurbiologen experimentieren in Garagen, Kellern oder Wohnzimmern an Organismen und setzen dabei auch Gentechnik ein. Ob die Biosicherheit gewährleistet ist, untersucht eine laufende Studie. **Text:** Peter Bader

Am Ende des Gesprächs muss die Frage doch noch gestellt werden: «Sind Sie eigentlich ein Rebell?» Ja, antwortet Marc Dusseiller, ohne zu zögern, das könne man schon sagen. Dies hört sich ein bisschen gefährlicher an, als es tatsächlich ist. Es bedeutet: Der 43-jährige Schaffhauser beschreitet aussergewöhnliche Wege. Er promovierte in Material- und Nanobiowissenschaften und absolvierte danach ein Postdocstudium in Robotik. Weil er «immer sehr an der interdisziplinären Arbeit interessiert» war, konnte sich Marc Dusseiller eine klassische Forscherkarriere mit engem Themenspektrum nicht vorstellen. Er verliess die Universität 2006 und arbeitet seither als freischaffender Dozent und Veranstalter von Workshops. Er experimentierte zudem mit elektronischer Musik und wurde Mitbegründer der Schweizerischen Gesellschaft für Mechatronische Kunst (SGMK) in Zürich.

## Raus aus der Universität

Vor allem wurde er zu einem der Schweizer Pioniere der Biohacking-Bewegung. Zusammen mit dem Inder Yashas Shetty, dem Engländer Andy Gracie und Urs Gaudenz aus Luzern gründete er 2009 das international vernetzte Projekt Hackteria. Ausserhalb von professionellen Labors soll damit einer breiten Bevölkerung die Welt der Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Algen, Pilze oder Viren) und ganz allgemein der biologischen Forschung zugänglich gemacht werden. Das Wort «Hacking» hat in diesem Zusammenhang also nichts mit dem kriminellen Eindringen in fremde Computer zu tun, weshalb der Begriff «Do-it-yourself-Biologie» (DIY-Bio) besser

passt. Die Bewegung entstand vor rund 10 Jahren in Boston (USA). Es gehe darum, sagt Marc Dusseiller, die wissenschaftliche Forschung aus den Universitäten herauszuholen und die Gesellschaft daran zu beteiligen. «DIY-Biologen erforschen ihre Umgebung oder ihren eigenen Körper, realisieren Kunstprojekte, streben also persönliche Erkenntnisse an, ausserhalb des klassischen wissenschaftlichen Kontextes.»

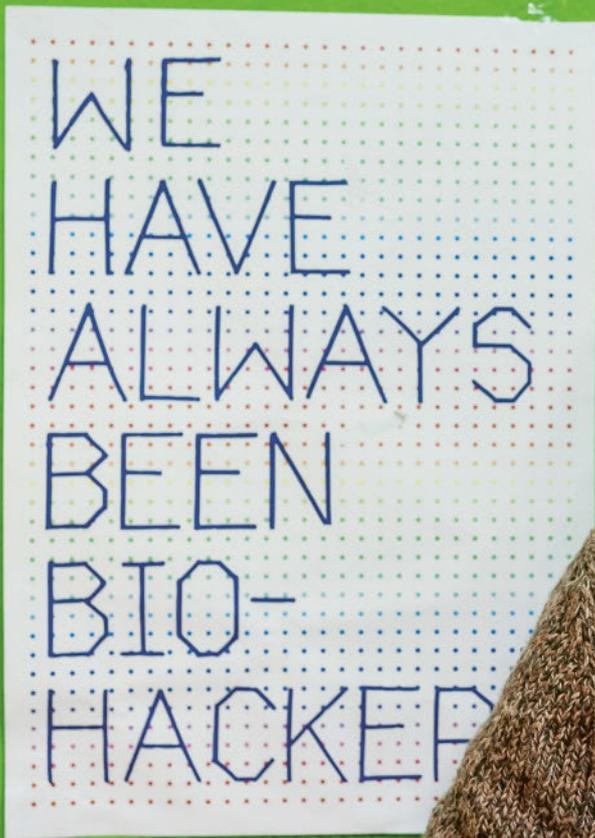
*«Wir haben keinen Grund zur Annahme, dass von DIY-Biologen eine Gefahr ausgeht.»*

Basil Gerber | BAFU

In der Biohacking-Szene finden sich sowohl Profiwie auch Hobby-Biologinnen und -Biologen. Gemeinsam ist ihnen die Freude am Experimentieren, vielen geht es auch um den Austausch, den Kontakt mit Gleichgesinnten. Sie treffen sich in Garagen, Wohnungen und privaten Labors, organisieren Workshops und öffentliche Veranstaltungen.

## Mikroskop aus Webcam

Um die Welt der Biologie mit möglichst simplen Mitteln zu erkunden, liefert Marc Dusseiller etwa eine Open-Source-Anleitung zum Umbau einer einfachen Webcam in ein Mikroskop. «Dieses Eigenbaumikroskop kostet einen Bruchteil eines professionellen Geräts und ermöglicht schon sehr tiefe



Marc Dusseiller verliess 2006 die Universität und wurde ein Schweizer Pionier der Biohacking-Bewegung.

Bild: Flurin Bertschinger | Ex-Press | BAFU

Einblicke. Das hat für mich etwas mit Demokratisierung der Wissenschaft zu tun.»

Marc Dusseiller bietet beispielsweise Workshops an, in denen die Teilnehmenden Käse mit dem aus Kälbermagen gewonnenen Enzym Chymosin herstellen. Letzteres lässt sich auch aus Hefen oder Schimmelpilzen gewinnen, die mithilfe von Genschern wie CRISPR/Cas verändert wurden. Bei diesen Workshops, sagt Marc Dusseiller, gehe es vor allem darum, «den derzeitigen Hype um Genome-Editing-Technologien zu entmystifizieren und deren öffentliche Nutzung für eine bessere Welt zu diskutieren.»

In Zusammenarbeit mit ausländischen Bildungsinstitutionen hat Dusseiller auch schon Experimente durchgeführt, bei denen grün fluoreszierende Proteine oder Duftstoffe mittels gentechnischer Verfahren in Bakterien eingebaut wurden.

### CRISPR-Kits aus dem Internet

Auch Gentech-Experimente sind also Teil der DIY-Bio-Szene. Erstaunen kann das nicht: Experimente wie das Einschleusen von DNA zur Züchtung von nicht pathogenen Bakterien werden in der Schweiz heute auch in Schulen durchgeführt. Zudem lassen sich im Internet für rund 150 Franken CRISPR-Kits (Genschern und Bakterienstämme) kaufen. Wenn in Garagen und Wohnzimmern mit gentechnisch veränderten Organismen (GVO) hantiert wird, stellt sich natürlich die Frage der Biosicherheit. Die Angst, dass auf diesem Weg auch gefährliche Bakterien oder Killer-Viren entstehen könnten, werde in den Medien bisweilen deutlich übertrieben, ist Marc Dusseiller überzeugt. Es sei auch nicht ganz so einfach, solche Viren zu züchten oder gar zu generieren. «Niemand aus der Szene will das wirklich machen. Da

besteht ja in erster Linie die Gefahr, dass man sich selbst Schaden zufügt.»

Trotzdem müssen auch DIY-Biologen die Sicherheitsstandards einhalten, wie sie in jedem Mikrobiologie-Labor in Forschung und Industrie gelten. Dazu gehört etwa, dass Organismen am Ende des Experiments abgetötet werden oder dass – ganz banal – darauf geachtet wird, die Pipetten nicht mit dem Mund aufzuziehen. Wer hierzulande mit GVO experimentiert, muss dies beim BAFU anmelden. «Wir beobachten die Szene seit ein paar Jahren und haben keinen Grund zur Annahme, dass von ihr eine Gefahr ausgeht», bemerkt Basil Gerber, stellvertretender Sektionschef Biotechnologie beim BAFU. Weil viele DIY-Biologen und -Biologinnen auf sozialen Plattformen präsent seien, herrsche bereits heute eine ziemlich grosse Transparenz. Ein europäischer Kodex verpflichte die Szene zudem zum Einhalten der Regeln und Gesetze.

Gleichwohl führt das BAFU derzeit zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) und verschiedenen Kantonen eine auf zwei Jahre angelegte nationale Studie durch. «Damit wollen wir herausfinden, wie diese Szene, die sich sehr dynamisch entwickelt, funktioniert und welcher Handlungsbedarf sich allenfalls daraus ableitet», sagt Daniel Fischer, Sektionsleiter Biosicherheit beim Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) des federführenden Kantons Zürich. Erste Resultate sollen Ende 2019 vorliegen.

### Sicherheit für gute Experimente

Marc Dusseiller schätzt die Anzahl DIY-Biologen in der Schweiz auf «zwei bis drei Dutzend Leute». Man wolle deren Arbeit keinesfalls unter Generalverdacht stellen, betont Basil Gerber vom BAFU: «Aber erst, wenn Biosicherheit gewährleistet ist und technische Mindeststandards eingehalten werden, sind gute Experimente möglich – und damit auch eine sinnvolle Diskussion zum Thema Gentechnologie oder wertvolle Beiträge zur wissenschaftlichen Forschung.»

Letzteres erwartet Marc Dusseiller weniger, dann schon eher «eine Biobrauerei, die mit grün blinkendem Bier eine Marktlücke entdeckt». Er erhofft sich vor allem einen Neustart in der Gentechnologie-Diskussion, weil «eine breite Bevölkerung Zugang zu dieser Technologie erhält und mit der Zeit spannende und wirklich alternative Projekte schaffen kann, die der Gesellschaft Nutzen bringen – und nicht primär Geld für einen grossen Konzern generieren».

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-04](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-04)

*Basil Gerber | Sektion Biotechnologie | BAFU*  
[basil.gerber@bafu.admin.ch](mailto:basil.gerber@bafu.admin.ch)

## Experimente unter Anleitung

Neben der Website [hackteria.org](http://hackteria.org) von Marc Dusseiller gibt es in der Schweiz über das ganze Land verteilt eine Reihe von weiteren Vereinigungen von Do-it-yourself-Biologen und -Biologinnen: zum Beispiel das Hackquarium im Raum Lausanne oder das GaudiLabs in Luzern. Die Universität Lausanne bietet mit dem Labor «l'éprouvette» interessierten Jugendlichen und Erwachsenen die Möglichkeit, DNA-Experimente unter Anleitung eines Experten selbst durchzuführen und gesellschaftlich relevante Themen rund um Gentechnik und GVO zu diskutieren. Ähnliche Angebote machen das Life Science Zurich Learning Center der Universität Zürich und der ETH Zürich oder das «Bioscope» der Universität Genf.



Wann ist Mais noch Mais?

## Kontrolle

# Gesucht sind Lösungen für scheinbar Unlösbares

Derzeit lassen sich genom-editierte Pflanzen praktisch nicht identifizieren. Das BAFU hat das Kantonale Laboratorium Basel-Stadt beauftragt, herauszufinden, ob es Chancen für einen praktikablen Nachweis gibt. **Text:** Christian Schmidt und Nicolas Gattlen

Das Flattern der Tauben vor den grossen Fenstern wird immer wieder zum lautesten Geräusch. Es macht sich so stark bemerkbar, weil Claudia Bagutti und Melanie Schirrmann in der Bibliothek des Kantonalen Laboratoriums Basel-Stadt (KLBS) still und konzentriert über Fragen nachdenken, auf die noch niemand eine Antwort gefunden hat.

*«Beim Genome Editing lassen sich die Veränderungen nicht von Mutationen unterscheiden, wie sie natürlicherweise in jeder Pflanze vorkommen.»*

Claudia Bagutti | Kantonales Laboratorium Basel-Stadt

Claudia Bagutti ist Leiterin des Biosicherheitslabors, Melanie Schirrmann ihre engste Mitarbeiterin. Bis vor Kurzem, das heisst: Bis zur Entwicklung der Genschere mit dem Namen CRISPR/Cas im Jahr 2012, waren die Arbeitsabläufe der beiden erprobt und geregelt. Dazu gehörte unter anderem, an Häfen oder Bahnhöfen gefundene Luzerne- oder Rapspflanzen auf klassische gentechnische Veränderungen (siehe Grafik S. 19) zu überprüfen. Die Pflanzen waren aus Samen hervorgegangen, die meist als Verunreinigungen von Hartweizen aus Übersee importiert

worden und beim Transport ins Freie gelangt waren. Fanden sich Beweise, dass fremdes Erbmateriale in die Pflanzen eingefügt wurde, mussten die Funde vorschriftsgemäss vernichtet werden. Das Spektrum an möglichen gentechnischen Veränderungen war bekannt, was den entsprechenden Institutionen – wie etwa dem KLBS – die Entwicklung zuverlässiger Verfahren für deren Nachweis erlaubte. Auch das Resultat war jeweils klar: Entweder waren die Pflanzen gentechnisch verändert, oder sie waren es nicht.

## Die Nadel im Heuhaufen

Doch nun ist eine neue Ära angebrochen. Die Forschung hat neue Wege entwickelt, um in das Erbgut von Lebewesen einzugreifen – Stichwort Genome Editing (siehe Grafik S. 19). Es sind faszinierende Techniken mit so grossem Potenzial für die Entwicklung neuer Produkte, dass die Forschung von einer möglichen nächsten «Agrarrevolution» spricht. Genau dieses Genome Editing bereitet Claudia Bagutti und Melanie Schirrmann nun Kopfzerbrechen. Der Grund: Das KLBS soll im Auftrag des BAFU herausfinden, ob und wie Nachweismethoden für genom-editierte Pflanzen entwickelt werden könnten. Die Methoden sollen erlauben zu prüfen, ob solche Pflanzen in die Schweiz gelangen. Das BAFU hat sich für das KLBS entschieden, weil dieses Labor seit bald zwanzig Jahren Erfahrung in der Entwicklung von Analysemethoden für gentechnisch veränderte Organismen hat.

Aber wie kann man gentechnische Veränderungen nachweisen, die gar nicht bekannt sind? Im Unterschied zur EU und zur Schweiz werden in Ländern wie den USA und Kanada viele genom-editierte Pflanzen nicht als «gentechnisch veränderte Organismen» (GVO) eingestuft und unterliegen somit keiner Kennzeichnungs- und Nachweisbarkeitspflicht. Da die nordamerikanischen Konzerne die genetischen Veränderungen nicht publizieren müssen, ist die Suche nach diesen vergleichbar mit der berühmten Suche nach der Nadel im Heuhaufen: Man weiss, es gibt sie, aber trotzdem ist es äusserst schwierig, diese zu finden.

#### Natürlich oder künstlich herbeigeführt?

«Anders als bei der klassischen Gentechnologie sind die Eingriffe in die Erbsubstanz beim Genome Editing nicht zu erkennen», erklärt Claudia Bagutti. «Denn die Veränderungen lassen sich nicht von Mutationen unterscheiden, wie sie natürlicherweise in jeder Pflanze vorkommen. Trotz ihrer oft grossen Auswirkung sind die gentechnisch herbeigeführten Veränderungen so klein, dass sie in der Menge der natürlichen Veränderungen untergehen.» Mit den bisher verwendeten Analysemethoden liessen sich die künstlichen Eingriffe nicht nachweisen, sagt die Laborleiterin.

Und konkrete Ideen für neue, griffige Methoden gebe es nicht.

Claudia Bagutti und Melanie Schirrmann ringen mit denselben Problemen wie ihre Kolleginnen und Kollegen in den Referenzlaboratorien der Europäischen Union, mit denen sie eng zusammenarbeiten: Die Fachleute klären ab, wie viele genom-editierte Pflanzen alleine in den USA bereits zugelassen und als «nicht gentechnisch veränderter Organismus» eingestuft sind (derzeit sind es an die 70 – vom Mais mit mehr Stärke über herbizidresistenten Raps bis zu Äpfeln und Pilzen, die an den Schnittstellen nicht mehr braun werden). Sie beobachten den Markt in Nordamerika und bereiten sich darauf vor, was dereinst an genom-editierten Pflanzen in die EU und die Schweiz gelangen könnte – als Verunreinigungen von Agrarimporten. Und sie suchen nach Methoden, wie die genom-editierten Pflanzen identifiziert werden können. Bis dato ohne Erfolg: «Alle stehen an», erklärt Claudia Bagutti.

#### Es gibt noch Hoffnung

Und so wird das Treffen im Kantonslabor zu einem Gespräch über die Chancen und Risiken der modernen Molekularbiologie, insbesondere über die Frage, warum die Agrarkonzerne aus Übersee

### Trennung des Warenflusses ist trotzdem möglich

Die neuartigen genom-editierten Pflanzen lassen sich bis heute im Labor nicht identifizieren. «Nur mit dem Wissen, wo im Erbgut kleine Veränderungen vorgenommen wurden, kann ein spezifischer Nachweis erbracht werden», sagt Markus Hardegger, Leiter Fachbereich Genetische Ressourcen und Technologien beim Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). Aber auch ohne zuverlässige und präzise Nachweismethoden könne der Warenfluss getrennt und die Wahlfreiheit gewährleistet werden – falls die Informationen dazu öffentlich verfügbar sind. Hardegger verweist auf ähnliche Konstellationen bei anderen Labels: «Viele Labels oder Labelkriterien wie etwa Bio oder Fairtrade können heute analytisch ebenfalls nicht überprüft werden. Wenn aber die entsprechenden Informationen bezüglich Genome Editing am Anfang einer Kette zur Verfügung stehen, kann jedes Label die Glaubwürdigkeit durch Gewährleistung der Warenflusstrennung aufrechterhalten.»



Am Kantonalen Laboratorium Basel-Stadt suchen die Forschenden ein Nachweisverfahren für genom-editierte Pflanzen.

Bild: Kilian Kessler | Ex-Press | BAFU

nicht bekannt geben müssen, wo und wie sie in die Erbsubstanz eingreifen, wenn sie mit Genome Editing arbeiten (bei den bisher gängigen gentechnischen Veränderungen an Organismen mussten die Saatguthersteller entsprechende Nachweisverfahren entwickeln.) Damit wird es den staatlichen Stellen in der EU und in der Schweiz schwer gemacht, ihre Verantwortung als Kontrollorgan wahrzunehmen.

Aber noch gibt es Hoffnung. Denn findige Köpfe haben noch immer Lösungen für scheinbar Unlösbares gefunden. Davon zeugen die stolz blickenden Ahnherren im Treppenhaus des Kantonalen Laboratoriums: Die einstigen Kantonschemiker Basels mit ihren gebürsteten Bärten hatten betrügerischen Krämern auf die Schliche zu kommen, die Weizenmehl mit billigem Mais- oder Hirsemehl versetzten. Sie hatten Bauern zu überführen, die verbotenerweise entrahmte oder mit Wasser verdünnte Milch verkauften. Und nach der Katastrophe von Tschernobyl sahen sich die Nachfolger mit der Herausforderung konfrontiert, die Bevölkerung vor radioaktiv belasteten Nahrungsmitteln zu schützen. Claudia Bagutti: «Und als die Gentechnologie aufkam, hatten wir ebenfalls keine Ahnung, wie wir die Eingriffe nachweisen sollten.

Das war eine extrem grosse Herausforderung. Heute ist auch dieser Nachweis Routine.»

### Hilft der Super-Computer?

Also hofft sie auf die künftige technologische Entwicklung. Eine Entwicklung, die nicht zuletzt mit der Rechenleistung der Computer und der engen Zusammenarbeit verschiedener Kontrollorgane zusammenhängt. «Geräte, die Milliarden von Basenpaaren in vergleichsweise kurzer Zeit analysieren können, bieten eine mögliche Chance, um die menschgemachten Mutationen im Genom einer Pflanze doch noch von natürlichen Mutationen zu unterscheiden. Dies würde jedoch eine umfassende Datenbank von genom-editierten und von nicht genom-editierten Pflanzen als Kontrolle voraussetzen, was von einer Institution alleine nicht umsetzbar wäre.»

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-05](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-05)

---

*Anne Gabrielle Wüst Saucy | Sektionschefin  
Biotechnologie | BAFU  
[annegabrielle.wuestsaucy@bafu.admin.ch](mailto:annegabrielle.wuestsaucy@bafu.admin.ch)*



Wie gut sind die Rezepte der **Gentechnologie**?

## Lebensmittel

# «Gentechfood»: Die Schweiz ist keine Insel

Bei der Herstellung von Lebensmitteln setzen Landwirtschaft und Industrie weltweit zunehmend auf die Gentechnik. Dadurch findet diese ihren Weg indirekt auch auf Schweizer Teller. **Text:** Mike Sommer

«Gegenwärtig befinden sich praktisch keine gentechnisch veränderten Lebensmittel auf dem Schweizer Markt.» Dieser Satz auf der Website des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) dürfte Konsumentinnen und Konsumenten beruhigen. Denn sie stehen gemäss einer nationalen Umfrage von 2010 gentechnisch veränderten Lebensmitteln skeptisch gegenüber. Bereits 2005 sprach sich eine deutliche Mehrheit der Schweizer Bürgerinnen und Bürger an der Urne für «Lebensmittel aus gentechnikfreier Landwirtschaft» aus. Ausser zu Forschungszwecken bleibt der Anbau von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in der Schweiz bis zum Ablauf eines bereits mehrmals verlängerten Moratoriums im Jahr 2021 verboten.

Nicht untersagt ist hingegen der Import von GVO-Lebensmitteln und -Futtermitteln. Liegt eine Zulassung vor, so ist eine Einfuhr möglich. Zuständig für diese Zulassung ist das BLV. Das BAFU und das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) sind am Verfahren beteiligt. Lebensmittel aus GV-Pflanzen müssen – ungeachtet ihrer Herkunft – als solche gekennzeichnet werden. Derzeit sind in der Schweiz drei GV-Maissorten und eine GV-Sojasorte als Lebensmittel zugelassen, dazu einige Zusatz- und Verarbeitungshilfsstoffe, die keiner speziellen Kennzeichnungspflicht bedürfen. Solche bewilligten gekennzeichneten GV-Lebensmittel findet man im Detailhandel aber nicht, denn die Branche weiss um die Vorbehalte der Bevölkerung und will Imageschäden vermeiden.

Ähnlich ist es in der Landwirtschaft. Die Bauern und Bäuerinnen könnten die vom Bund zugelassenen GVO als Futtermittel verwenden, sie verzichten aber darauf.

## Wie wird Import-Fleisch produziert?

Die Produktion von GV-Futtermitteln ist aber in vielen Ländern und insbesondere in Nord- und Südamerika weit verbreitet, und das Fleisch von Tieren, die mit GV-Futtermitteln gemästet wurden, gelangt auch in die Schweiz. Da dieses Fleisch selbst keine GVO-Spuren enthält und es somit nicht als GV-Lebensmittel gilt, kann es ohne spezielle Bewilligung und Kennzeichnung verkauft werden. Die Schweizer Bevölkerung konsumiert also beachtliche Mengen von Fleisch, für dessen Herstellung im Ausland mutmasslich GVO verwendet wurden. Ob sie sich dessen bewusst ist, bleibt unklar. Die obligatorische Herkunftsdeklaration beim Fleisch erlaubt es zumindest theoretisch, einen Zusammenhang mit der Fütterung mit GVO herzustellen. Nur beim zertifizierten Bio-Fleisch kann der Einsatz von GV-Futtermitteln im Prinzip ausgeschlossen werden.

So ergibt sich eine widersprüchliche Situation: Einerseits ist der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen in der Schweiz verboten und sind GV-Lebens- und -Futtermittel wegen fehlender Akzeptanz in der Bevölkerung derzeit kein Thema. Andererseits bezieht die Schweiz rund die Hälfte der hier verbrauchten Lebensmittel

## GVO in der Lebensmittelindustrie

Moderne biotechnologische Methoden eröffnen der Lebensmittelindustrie ganz neue Möglichkeiten. Mithilfe von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) wie Pilzen (z. B. Hefe) oder Bakterien lassen sich Aromen, Süsstoffe, Vitamine, Aminosäuren, Enzyme und weitere Stoffe für die Lebensmittelindustrie herstellen. Diese Stoffe können strukturell identisch sein mit jenen, die aus Stoffwechselprozessen in der Natur oder aus chemisch-synthetischen Verfahren hervorgehen. Als Zusatzstoffe in Lebensmitteln müssen sie in der Schweiz nicht als GVO gekennzeichnet werden, wenn sie von den GV-Mikroorganismen vollständig gereinigt sind. Die Herstellung muss in einem geschlossenen System erfolgen. Die Produktionsanlagen und die GV-Organismen sind bewilligungspflichtig.

Biotechnologische Verfahren mit gentechnisch veränderten Produktionsorganismen werden in der Schweiz nur in der Forschung und

Entwicklung eingesetzt, nicht aber in der Lebensmittelindustrie. Zu den Pionieren gehört das Schweizer Unternehmen Evolva, dem es 2011 gelang, Hefen genetisch so zu programmieren, dass sie Vanillin produzieren. Dieses Vanillin ist seit 2014 auf dem Markt (produziert wird es im Ausland) und eine Alternative für synthetisch hergestelltes Vanillin oder natürliches Vanillin. Mit Letzterem kann nur rund ein Prozent der weltweiten Nachfrage nach dem beliebten Duftstoff befriedigt werden. Neben weiteren Duftstoffen hat Evolva auch den Süsstoff «EverSweet» entwickelt, der jetzt in den USA zugelassen ist und vom Agro-Konzern Cargill hergestellt und vermarktet wird. «EverSweet» wird mit einer gentechnisch manipulierten Hefe produziert. Ihr wurden die Gene für einen Stoffwechselweg eingebaut, der die Hefe die süssen pflanzlichen Proteine, nicht aber die bitteren Proteine produzieren lässt. (ms)

aus dem Ausland. Damit sind wir bereits heute Nutzniesser einer weltweiten Nahrungsmittelproduktion, bei der die Gentechnik von Bedeutung ist – und künftig noch an Gewicht zulegen wird. Der Ursprung dieser Produktion findet sich in einer Intensivlandwirtschaft, die hohe Erträge bei vergleichsweise geringem Arbeitsaufwand und damit tiefe Preise ermöglicht. Für diese bietet die Gentechnik attraktive Lösungen, etwa mit Pflanzen, die gegen Herbizide, Krankheiten und Schädlinge resistent sind.

Doch diese Produktion mit GVO hat – bei all ihren Vorteilen – auch ihre Schattenseiten: So zeigt etwa eine Übersichtsstudie der Umweltämter aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, dass auf Feldern mit herbizidresistenten GV-Pflanzen in der Regel mehr Herbizide eingesetzt werden als auf konventionell bepflanzten Feldern. Auch werden in Regionen mit hohem GVO-Anteil

tendenziell mehr Monokulturen angebaut und weniger Flächen zur Fruchtfolge genutzt.

Die Schweizer Bevölkerung hält die Gentechnik und deren Schattenseiten auf Distanz, sie profitiert aber – sei es bewusst oder unbewusst – von den tiefen Preisen der Lebensmittel, die jenseits der Grenzen mit ebendieser Gentechnik erzeugt wurden. Wie hoch das Preisargument gewichtet wird, zeigte sich 2018 auch bei der Ablehnung der beiden Volksinitiativen «Fair Food» und «Ernährungssouveränität». Das Argument, ihre Annahme würde viele Lebensmittel verteuern, überzeugte die Mehrheit der Stimmberechtigten, wie Umfragen zeigten.

### Bequem und günstig – dank Gentechnik

Nicht allein wegen ihres Preisvorteils drängen mithilfe von Gentechnik hergestellte Lebensmittel

zunehmend auf den Markt. Ein weiterer Faktor ist die Bequemlichkeit der Konsumierenden, die gerne auf verarbeitete Lebensmittel («Convenience Food») zurückgreifen. Diese enthalten in der Regel Verarbeitungshilfsstoffe und Zusatzstoffe, um die gewünschten Eigenschaften (Geschmack, Konsistenz, Standardisierung, Haltbarkeit usw.) zu erzeugen. Viele dieser Stoffe lassen sich heute dank der Gentechnik günstig und in grossen Mengen gewinnen (siehe Box). Für die Produktion von Lebensmitteln sind in der Schweiz zurzeit zwei Vitamine, zwei Labfermente und zwei Verarbeitungshilfsstoffe zugelassen, die mittels Gentechnik hergestellt werden.

In die Kategorie «Convenience-Food» reiht sich auch der «Arctic Apple» ein, der seit 2017 in den USA verkauft wird. Durch eine Veränderung des genetischen Codes gelang es den Entwicklern, jenes natürliche Enzym zu reduzieren, das Äpfel braun werden lässt, wenn sie durch Druck oder beim Zerschneiden «beschädigt» werden. Damit wurde es möglich, abgepackte Apfelschnitze zu vermarkten, die ihr frisches Aussehen lange bewahren. Gerechtfertigt wird das Produkt vom Hersteller damit, dass Konsumentinnen und Konsumenten eher zum Verzehr von Äpfeln zu bewegen seien, wenn diese in mundgerechten Portionen angeboten würden. Zudem leiste der

«Arctic Apple» einen Beitrag im Kampf gegen die Lebensmittelverschwendung, da grosse Mengen von Äpfeln vernichtet würden, die sich wegen brauner Flecken nicht mehr verkaufen liessen.

### Genom-editiert oder konventionell?

Beim BLV beobachtet man die Entwicklung genau. Vizedirektor Michael Beer glaubt nicht, dass mit herkömmlicher Gentechnik produzierte Lebensmittel – wie der «Arctic Apple» – demnächst auf den Schweizer Markt drängen: «Hingegen werden uns die neuen Technologien der Genom-Editierung beschäftigen. Das Problem besteht dort darin, dass wir nicht direkt nachweisen können, ob der genetische Code eines Organismus mit der Genschere oder durch konventionelle Züchtungsmethoden verändert wurde.»

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-06](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-06)

*Christoph Lüthi | Sektion Biotechnologie | BAFU*  
[christoph.luethi@bafu.admin.ch](mailto:christoph.luethi@bafu.admin.ch)

## Kontrollen weisen wenig Verstösse nach

Jedes Jahr untersuchen die kantonalen Vollzugsbehörden mehrere Hundert Lebensmittelproben auf Anteile gentechnisch veränderter Organismen (GVO). Das BLV erstellt jährlich einen Bericht über die Ergebnisse dieser Kontrollen. In den 493 Lebensmittelproben, die 2017 untersucht wurden, fanden sich in 59 Fällen Bestandteile von GMO. In den allermeisten Proben lag der Anteil unterhalb der Toleranzgrenze, die für unbeabsichtigte Spuren in Lebensmitteln gilt. Bei 37 Proben wurden Bestandteile von GV-Produkten nachgewiesen, die in der Schweiz bewilligt oder toleriert sind, 13 Proben enthielten Anteile von in der Schweiz nicht zugelassenen GV-Produkten und in 2 Fällen wurde gegen die Kennzeichnungspflicht verstossen. Kontrolliert wurden vor allem Lebensmittel mit erhöhtem Risiko für eine Verunreinigung wie Sportlernahrung (Energieriegel, Proteinpulver) sowie Produkte aus Mais (Tortilla Chips, Maismehl, Maisflocken) und Soja (Tofu, Fleischersatzprodukte, Sojadinks). (nig)

## Eidgenössische Kommissionen

# Im Fokus steht die Risikobeurteilung

Zwei ausserparlamentarische Kommissionen beschäftigen sich eingehend mit Fragen zur Biotechnologie. Ihre Einschätzungen tragen zu einer sachlichen Beurteilung der neuen biotechnologischen Verfahren bei. **Text:** Andreas Bachmann

Die Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit (EFBS) und die Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH) setzen sich intensiv mit den neuen Technologien auseinander – insbesondere mit den neuen Pflanzenzüchtungsverfahren und der Synthetischen Biologie. Im Fokus steht dabei die Frage der Risikobeurteilung. Ihre Beiträge zu neuen biotechnologischen Verfahren ermöglichen im Umfeld einer hochkontroversen politischen Debatte eine Diskussion, die auf Fakten und Argumenten beruht. In diesem Sinne unterstützen die Kommissionen Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit bei der Suche nach einem angemessenen Umgang mit den neuen Technologien und den damit verbundenen Chancen und Risiken.

## Synthetische Biologie

Im Unterschied zur herkömmlichen Gentechnik beabsichtigt die Synthetische Biologie gemäss Verständnis der EFBS unter anderem die Konstruktion kompletter künstlicher Systeme wie zum Beispiel neuer Stoffwechselwege. Hinsichtlich der Regulierung dieser Systeme sollten fallspezifische Risikobeurteilungen im Vordergrund stehen, die auf dem effektiven Schadenspotenzial basieren. Dabei sei, wenn möglich, auch zu entscheiden, ob es sich um einen Organismus oder einen Stoff handelt. Für die Risikobeurteilung sei dies relevant, weil das Gefahrenpotenzial bei Stoffen mit der Zeit abnehme, wogegen das Gefahrenpotenzial bei Organismen durch Vermehrung konstant bleiben oder sogar zunehmen

könne. Für die Risikobeurteilung seien dann alle risikorelevanten Kriterien – wie etwa die Fähigkeit, einen anderen Organismus krank zu machen (Pathogenität) oder die Giftigkeit eines Stoffes (Toxizität) – zu berücksichtigen.

Aus Sicht der EKAH liegt der Synthetischen Biologie die Idee zugrunde, dass sich Lebewesen kontrolliert und zielgerichtet umbauen beziehungsweise konstruieren lassen. Ob so etwas überhaupt möglich ist, hängt für die EKAH davon ab, was man unter «Leben» versteht. Keinen Einfluss auf den moralischen Status von Lebewesen hat, ob diese in einem natürlichen Prozess oder auf andere Weise entstehen. Welchen Status sie haben, insbesondere mit Blick auf den in diesem Zusammenhang einschlägigen Verfassungsbegriff der «Würde der Kreatur», sei davon abhängig, welche umweltethische Position man vertrete. Die Kommission hält zudem fest, eine sachgerechte Risikobeurteilung der Synthetischen Biologie sei aufgrund mangelnder Daten noch nicht möglich. Aus risikoethischer Sicht sei bei einer solchen Datenlage im Umgang mit synthetisch hergestellten Organismen besondere Vorsicht geboten. Es kommt somit das Vorsorgeprinzip zur Anwendung.

## Genome Editing

Die EKAH hat sich näher mit der Frage beschäftigt, was das umweltrechtliche Vorsorgekonzept bedeutet und wie man die damit verbundene Idee ethisch begründen kann. Diese Überlegungen stellt sie an mit Blick auf die als Genome Editing

## Was tun die Kommissionen?

Die Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit (EFBS) ist beauftragt, die schweizerischen Behörden beim Schutz von Mensch, Tier und Umwelt im Bereich der Bio- und Gentechnologie zu beraten. Die EFBS

- berät den Bundesrat und die Bundesämter bei der Vorbereitung von Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien und Empfehlungen;
- berät die eidgenössischen und kantonalen Behörden beim Vollzug der Regelungen;
- gibt Stellungnahmen zu Bewilligungsgesuchen ab und veröffentlicht Empfehlungen zu Sicherheitsmassnahmen für Arbeiten mit gentechnisch veränderten oder pathogenen Organismen;
- setzt sich mit klinischen Gentherapie-Studien auseinander;
- informiert die Öffentlichkeit über wichtige Erkenntnisse im Bereich der Biosicherheit.

Die Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH) ist beauftragt, die Entwicklungen und Anwendungen der Bio- und Gentechnologie im ausserhumanen Bereich zu beobachten und aus ethischer Sicht zu beurteilen. Der Mandatsbereich umfasst alle Anwendungen der Bio- und Gentechnologie an Tieren, Pflanzen und anderen Organismen einschliesslich deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Die EKAH

- berät den Bundesrat und die Verwaltung bei der Vorbereitung der Gesetzgebung im Bereich der ausserhumanen Bio- und Gentechnologie und unterbreitet Vorschläge für die künftige Rechtsetzung;
- berät die eidgenössischen und kantonalen Behörden beim Vollzug bundesrechtlicher Vorschriften;
- informiert die Öffentlichkeit über Fragen und Themen, die sie behandelt, und fördert den Dialog über Chancen und Risiken dieser Technologien.

bezeichneten neuen Verfahren. Sie vertritt den Standpunkt, aus ethischer Sicht sei nicht die rechtliche Einordnung dieser Verfahren und ihrer Produkte entscheidend, sondern der Umstand, dass sie ebenso wie die herkömmliche Gentechnik insbesondere in komplexen Umweltsystemen (grosse) Schäden anrichten können. Daher unterliegen sie, solange hinsichtlich einer sachgerechten Risikobeurteilung Wissenslücken bestehen, ebenfalls dem Vorsorgeprinzip. Dies bedeutet, dass die Anwender der neuen Verfahren in einem Schritt-für-Schritt-Prozess nachweisen müssen, dass die Risiken dieser Verfahren für Mensch und Umwelt in einem Bereich liegen, der als akzeptabel zu erachten ist. Diese Überlegungen gelten gemäss EKAH analog auch für diejenigen Verfahren, die unter dem Titel «Neue Pflanzenzüchtungsverfahren» zusammengefasst werden.

Mit diesen Verfahren hat sich auch die EFBS eingehend befasst. Das Neue sei, so die EFBS, dass zwar zum Teil gentechnische Methoden verwendet werden, im Endprodukt jedoch in vielen Fällen keine fremden Gen-Sequenzen mehr nachweisbar

sind. Solche Pflanzen können also nicht wie herkömmliche gentechnisch veränderte Organismen (GVO) auf das Vorhandensein eines fremden Gens oder einer Gensequenz getestet werden. Die Produkte solcher neuen Pflanzenzüchtungsverfahren unterscheiden sich zum Teil nicht von herkömmlich gezüchteten Pflanzen. Aus diesem Grund, so die EFBS, seien sie auch in Bezug auf die Sicherheit für Umwelt, Anwender sowie Konsumentinnen und Konsumenten als gleichwertig zu beurteilen. Für die EFBS folgt daraus, dass für die Bewertung der Biosicherheit das Produkt wichtiger ist als die Produktionsmethode. Der prozessorientierte Ansatz des Gentechnikrechts sollte daher aus Sicht dieser Kommission durch einen produktorientierten Ansatz ersetzt werden.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-07](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-07)

*Andreas Bachmann | Abteilung Boden und Biotechnologie | BAFU  
 andreas.bachmann@bafu.admin.ch*



Ist eine Tierart mehr wert als die andere?

## Gene Drive im Naturschutz

# Büchse der Pandora oder Allheilmittel?

Die moderne Gentechnologie stellt für bestimmte Bereiche des Artenschutzes interessante Lösungsansätze in Aussicht. Es zeichnet sich allerdings ab, dass gentechnische Eingriffe auch in Zukunft wohl nur eine untergeordnete Rolle im Artenschutz spielen werden. **Text: Gregor Klaus**

Amphibien sind die ältesten landlebenden Wirbeltiere der Erde. Heute sind sie in höchster Gefahr. Ihre Lebensräume sind grösstenteils zerstört, und der Klimawandel setzt ihnen zu. Seit den 1990er-Jahren hat sich das Amphibiensterben zudem nochmals deutlich beschleunigt. Ursache sind Chytrid-Pilze, die die Haut befallen und meist zum Tod der Tiere führen. Neusten Forschungsergebnissen zufolge hat sich der Pilz von Korea aus mit dem Tierhandel über die ganze Welt verbreitet, wo er massenweise Populationen von Fröschen, Kröten und Lurchen dezimiert oder auslöscht. Weit über 100 vorwiegend tropische Arten sind mittlerweile komplett verschwunden. Damit handelt es sich vermutlich um den grössten Verlust von Wirbeltieren, den jemals eine einzelne Krankheit verursacht hat.

## Gentech-Hilfe für Amphibien?

Die todbringende Pilzepidemie scheint kaum aufhaltbar. Auch in Europa haben die Pilze die kleinen und fragmentierten Amphibienpopulationen einbrechen lassen. Während Frösche in Terrarien mit Fungiziden behandelt werden können, ist der Schutz der Tiere in freier Wildbahn bisher nicht risikofrei gewährleistet. Rettung könnte in naher Zukunft aus einer überraschenden Ecke kommen: von der Gentechnologie mit ihren neusten Errungenschaften und Anwendungsmöglichkeiten. Sie präsentiert Verfahren, um dem Rückgang der

biologischen Vielfalt beizukommen, die wie eine Bastelanleitung leicht umsetzbar erscheinen und dadurch enorm interessant wären. So auch in Bezug auf die tödlichen Chytrid-Pilze: Man nehme eine Genschere wie CRISPR/Cas, schneide diejenigen Gene aus dem Erbgut, die die Amphibien anfällig für die Pilze machen, oder setze gleich ein Resistenzgen ein, platziere eine Genschere-Fabrik im Genom, die die Mendelsche Vererbungslehre umgeht und dafür sorgt, dass alle nachkommenden Generationen diese Veränderung vererbt bekommen (ein sogenannter Gene Drive, siehe Grafik S. 9), produziere ein paar dieser Tiere und setze sie in der Natur aus – und schon wäre die Art, wenn auch genetisch verändert, gerettet, weil der Pilz ihr nichts mehr anhaben könnte.

## Gene Drives lassen träumen

Bis Schritt «Produktion von ein paar Tieren» ist dies keine Science-Fiction; weltweit wird an Gene Drives und deren Anwendungen geforscht. Die Ideen zur Rettung der Biodiversität gehen den Biotech-Forschenden der modernen Gentechnologie nicht aus: Man könnte doch auf all den Inseln dieser Welt die eingeschleppten Ratten und Mäuse, die dort die endemischen Arten bedrohen, derart genetisch manipulieren, dass beispielsweise die Weibchen unfruchtbar werden und der Bestand ohne Einsatz von Gift und Fallen kollabiert. Oder Korallen und andere Organismen genetisch

so stärken, dass sie mit dem Klimawandel zu recht kommen. Ebenfalls möglich wäre, in kleinen Populationen von bedrohten Arten mithilfe der Genschere die genetische Vielfalt zu erhöhen. Denkbar, aber nicht zielführend ist sogar, ausgestorbene Arten wiederzubeleben (siehe Box S. 39).

### «Gene Drive ist eine statische Lösung, gegen die die Krankheitserreger schnell Resistenzen entwickeln werden.»

Benedikt Schmidt | karch

Das mag in den Ohren von Naturschützern, die seit 100 Jahren versuchen, die biologische Vielfalt zu erhalten, vielversprechend klingen. Die Naturschutz-Community nimmt die Techniken und Möglichkeiten interessiert zur Kenntnis, steht ihnen aber auch kritisch gegenüber. So haben 30 bekannte Naturschützer wie etwa Jane Goodall und Paul Watson 2016 dazu aufgerufen, potenziell gefährliche Technologien wie Gene Drive, die weder in Bezug auf ungewollte Konsequenzen noch auf ihre ethischen und sozialen Auswirkungen vollständig getestet wurden, nicht als Naturschutz-Instrument zu propagieren. Das Risiko des Selbstläufers liegt vor allem in einer möglichen Hybridisierung der veränderten Organismen mit anderen Arten. Und was, wenn die freigesetzten Ratten und Mäuse mit ihrem Gene Drive die Inseln verlassen und aufs Festland gelangen? Ganze Ökosysteme könnten damit aus den Fugen geraten, so die Befürchtung.

#### Einheitliche Richtlinien

Gernot Segelbacher, Co-Vorsitzender der «Conservation Genetics Specialist Group» der Weltnaturschutzorganisation IUCN und Professor für Wildtierökologie an der Universität Freiburg (D), findet den Aufruf von Jane Goodall und Paul

Watson gut und wichtig, plädiert aber auch dafür, die Gefahren von Gene Drive nicht zu dramatisieren und Berührungsängste abzubauen. Es sei nun wichtig, einheitliche Richtlinien auszuarbeiten und kontrollierte Experimente in einem geschützten Umfeld durchzuführen, um Erfahrungen zu sammeln und Risiken und Chancen abschätzen zu können. Noch sei technisch nicht alles sattelfest. So operiert die natürliche Selektion gegen die Gene Drives. «Mit ersten naturschutzrelevanten Freisetzungsexperimenten ist frühestens in 10 Jahren zu rechnen», hält Segelbacher fest.

Um Berührungsängste der Naturschützer und das ungestüme Vorgehen der modernen Gentechnologie zu kanalisieren, müsse man sich gemeinsam an einen Tisch setzen, fordert Gernot Segelbacher. Die IUCN hat bereits eine Task Force einberufen, die sich intensiv mit CRISPR und Gene Drives befasst. Ziel ist es, Naturschutz und Gentechnologie unter einen Hut zu bringen. Dennoch glaubt Segelbacher, dass Gene Drive auch bei erfolgreichen Experimenten und Feldversuchen nicht mehr als eine Randerscheinung im Naturschutz sein wird. Kerngeschäft sei auch in Zukunft der Schutz der Lebensräume, deren Vernetzung und damit die Förderung der darin lebenden Arten.

#### Vom Labor in die Natur

Benedikt Schmidt von der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch) ist gegenüber Heilsversprechungen grundsätzlich skeptisch. «Es ist ein grosser Schritt vom Labor in die Natur. Was im Labor funktioniert, geht in einer komplexen Umwelt nicht unbedingt.» Forschende der Gentechnologie würden bei der Präsentation ihrer Lösungsansätze die Wechselwirkungen, die ein Ökosystem ausmachen, einfach ausblenden. «Gerade Wirt-Parasit-Beziehungen sind auf genetischer Ebene höchst dynamisch», so der Evolutionsbiologe. «Gene Drive ist eine statische Lösung, gegen die die Krankheitserreger schnell Resistenzen entwickeln werden.»

## Kehrt das Mammut zurück?

Seit Jahrzehnten arbeiten Forschende an der Auferstehung des Mammuts, das vor rund 4000 Jahren ausgestorben ist. Schwedischen Forschern ist es nun gelungen, das Erbgut zweier Mammute komplett zu entschlüsseln. Einmal entschlüsselt, könnte mit einer Genschere wie CRISPR/Cas das Erbgut von nahen, noch lebenden Verwandten gemäss dem Mammut-Bauplan umgeschrieben werden. Was sich einfach anhört, ist praktisch undurchführbar: Denn das Erbgut des Mammuts unterscheidet sich von demjenigen des Indischen Elefanten in ein paar Millionen Positionen. Forschende beschränken sich deshalb darauf, besonders mammuttypische Merkmale wie das zottige Fell und die Anlage für wärmespeicherndes Fett hervorzubringen. «Ein Mammut wird das rudimentäre Mischwesen mit zweifelhafter genetischer Identität deshalb nie werden», sagt Hans Romang, Chef der Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften beim BAFU, und fügt an: «Die Forschungserfolge sind beeindruckend. Mit Blick auf den Rückgang der Arten weltweit vergessen wir aber bitte nicht: Unsere Arten brauchen Raum zum Leben – Artenförderung ist Lebensraumförderung, nicht Wiederbelebung.»

Schmidt sieht auch ganz praktische Probleme. Angenommen, man hätte einen Feuersalamander geschaffen, der gegen die Chytrid-Pilze resistent sei. Was dann? Es müssten Hunderttausende von Tieren gezüchtet und mit Lastwagen quer durch Europa transportiert und ausgesetzt werden, um alle Populationen zu immunisieren. Das sei ein gewaltiger logistischer Aufwand, der weit grösser sei als die Schaffung eines resistenten Salamanders, so Schmidt.

### Ganzes Set an Bedrohungen

Viel wichtiger sei es, den Amphibien bessere und vor allem mehr Laichgewässer und intakte feuchte Landlebensräume zur Verfügung zu stellen. Denn Amphibien würden mit einem ganzen Set von Bedrohungsfaktoren konfrontiert. Bereits die Verbesserung eines Faktors könne die Widerstandskraft einer Population gegen den Pilz deutlich stärken. In den USA haben sich beispielsweise Amphibienpopulationen trotz Bedrohung durch die Chytridpilze erholt, nachdem standortfremde Fische eliminiert worden waren, die den Laich der Amphibien oder Jungtiere fressen. Kommt hinzu, dass Forscher vor Kurzem festgestellt haben, dass sich einige Amphibienpopulationen in Lateinamerika wieder positiv entwickeln und dass

dafür offenbar eine zunehmende Resistenz dieser Arten gegen die Pilze verantwortlich ist. In vielen Fällen dürfte die Natur schlichtweg schneller sein.

Dennoch erkennt Benedikt Schmidt auch Chancen in der Gentechnik. Sinnvoll findet er allenfalls einen Eingriff in das Genom extrem seltener und bedrohter Arten, beispielsweise beim Lanzas Alpensalamander, der nur in Norditalien auf wenigen Quadratkilometern vorkommt. Ein Pilzbefall könnte die Art ausrotten. Doch insgesamt sei der Mehrwert der genetischen Manipulation für den Schutz der Biodiversität marginal, findet Schmidt. Auch beim Bund sieht man das so – in der aktuellen Strategie Biodiversität Schweiz spielen Eingriffe mittels Gentechnik grundsätzlich keine Rolle und kämen höchstens als Ultima Ratio infrage.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-08](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-08)

---

*Hans Romang | Abteilungschef Arten, Ökosysteme,  
 Landschaften | BAFU  
[hans.romang@bafu.admin.ch](mailto:hans.romang@bafu.admin.ch)*

# Vor Ort



ZH

## Ein Konfiglas Abfall

Drei Monate lang waren Besteck, Wasserflasche, Stoffbeutel und Stofftücher Lisa Barmettlers tägliche Begleiter. Die 20-jährige Küsnachterin wollte für ihre Maturaarbeit während eines dreimonatigen Selbstversuchs auf Abfall verzichten. Dabei versuchte sie, nach den fünf Prinzipien der Abfallvermeidung zu leben: refuse (verweigern, was man nicht braucht), reduce (reduzieren), reuse (wiederverwenden), recycle (wiederaufbereiten) und rot (kompostieren).

«Ich konnte mich sofort mit diesem Lebensstil identifizieren», sagt die ehemalige Gymnasiastin. Ihren Alltag musste sie aber umkrempeln. Anstatt in der Migros kaufte sie mit ihrer Mutter auf dem Bauernhof ein. Das Mittagessen kochte sie vor und nahm

es am nächsten Tag im Tupperware mit in die Schule. Zudem entdeckte sie die Zero-Waste-Läden in Zürich, wo sie Teigwaren, Reis, Olivenöl und auch Geschirrspülmittel einkaufte. «Da ist es immer wichtig, die nötigen Utensilien wie etwa Stoffbeutel oder ein Bienenwachstuch für den Käse dabeizuhaben.» Eigentlich sei es ganz einfach, es brauche bloss etwas mehr Organisation. Das Resultat des Selbstversuchs: Abfall, der in einem leeren Konfiglas Platz hatte, und ein Booklet «Zero Waste in Zürich» mit Tipps, Adressen, Anleitungen und Rezepten.

**Booklet «Zero Waste in Zürich»:** CHF 25.-, erhältlich bei [lisabarmettler@gmail.com](mailto:lisabarmettler@gmail.com)



VS

## Schutz unter Eis

Seit 2001 ist das Gletschervorfeld Feegletscher Nord oberhalb von Saas-Fee im Inventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung aufgelistet. Nun hat das Gebiet einen weiteren Schutz erfahren: Ende August 2018 wurde der Feegletscher Nord zum Naturschutzgebiet erklärt. Das Gebiet, das heute noch unter dem Feegletscher liegt, wird beim Abschmelzen des Gletschers im Sinne des Aueninventars bewahrt und dem Schutzgebiet Feegletscher Nord zugeschlagen. «Die Gemeinde Saas-Fee hat das Gebiet als Naturschutzzone von nationaler Bedeutung im Nutzungsplan aufgeführt. Dadurch fördern wir die Vielfalt der Fauna und Flora und deren ungestörte Weiterentwicklung», erklärt der Gemeindepräsident Roger Kalbermatten.

[roger.kalbermatten@3906.ch](mailto:roger.kalbermatten@3906.ch)



BL

## Leben und Apfelspekt

Mit dem Projekt Hochstamm will die Natur-, Umwelt- und Landschaftskommission (NULS) Waldenburg darauf hinweisen, wie wichtig es ist, Hochstamm-Obstgärten zu erhalten und zu erneuern. Sie sind nicht nur Kulturgut, sondern bieten auch Lebensraum für rund 40 Vogelarten und verschiedene Kleintiere. Die Ziele des Projekts sind etwa: Standorte, Sorten und Eigenschaften inventarisieren, Natur- und Landschaftsschutz sowie Neupflanzungen von Obstbäumen. Das Projekt der NULS wurde vor rund 20 Jahren lanciert und ist für weitere 10 Jahre finanziell gesichert. Gemäss Präsident Beat Feigenwinter pflanzte die NULS gemeinsam mit der Bevölkerung mehr als 200 neue Obstbäume und stellte rund 45 000 Liter Most und 7 000 Flaschen Apfelspekt her.

[hochstamm-waldenburg.ch](http://hochstamm-waldenburg.ch)



BE

## Clevere Mülleimer

Ausgewählte Abfallkübel in der Berner Altstadt sind an der Innenseite mit rechteckigen Objekten aus Metall versehen. Es sind Sonden, die die Füllstände messen. Sie übermitteln Signale an einen Computer, wodurch die Mitarbeitenden der Strassenreinigung feststellen können, wann die Leerung eines Kübels ansteht. «So werden weniger Kilometer gefahren, weniger Abfallsäcke verbraucht, und es wird weniger Arbeitszeit dafür aufgewendet», sagt Matthias Lemke, Projektleiter Strassenreinigung beim Tiefbauamt der Stadt Bern. Das Pilotprojekt endet am 30. Juni 2019. Bei positivem Verlauf wird auf dem gesamten Stadtgebiet geprüft, wo solche Sensoren sinnvoll sind. Kübel, die etwas abseits der üblichen Routen liegen, stehen im Fokus.

[matthias.lemke@bern.ch](mailto:matthias.lemke@bern.ch)



## Blühende Industrie

Der Kanton Luzern will in Zukunft die Biodiversität nicht nur in Wäldern und Wiesen, sondern auch in Industrie- und Gewerbegebieten fördern. Denn ein Grossteil dieser Flächen sei sehr naturfern, heisst es im Planungsbericht des Regierungsrates. Wie eine naturnahe Gestaltung in der Praxis aussieht, zeigt die Luzerner Holzbaufirma Renggli AG. Auf ihrem Areal fühlen sich dank Naturwiesen, heimischen Bäumen und Sträuchern sowie Ast- und Steinhauften Igel, Vögel, Schmetterlinge und viele andere Insekten wohl. Die Stiftung Natur & Wirtschaft zeichnet solche vorbildlichen Areale für die naturnahe Gestaltung mit ihrem Label aus. Im Kanton Luzern hat sie ihr Zertifikat an 24 Unternehmen verliehen.

[naturundwirtschaft.ch](http://naturundwirtschaft.ch)



## Auto-Stromspeicher

Im Basler Quartier Erlenmatt Ost können die Bewohnerinnen und Bewohner zwei Elektroautos mieten. Geladen werden die Fahrzeuge mit quartiereigenem Solarstrom vom Dach. Stehen sie still, dienen die Autos als Zwischenspeicher für den Solarstrom. Der Strom steht damit abends zur Verfügung, um elektrische Geräte in den Häusern zu betreiben. Mit diesem Pilotversuch untersucht das ZHAW-Institut für Nachhaltige Entwicklung (INE) unter finanzieller Beteiligung des Kantons Basel-Stadt und weiterer Forschungspartner, wie sich die Batterien der Elektroautos als Stromspeicher im Rahmen der Carsharing-Lösung einsetzen lassen. Nach Ende des Pilotversuchs im Sommer 2019 soll das Projekt auf andere Areale übertragbar sein.

[eva.tschampa@zhaw.ch](mailto:eva.tschampa@zhaw.ch)



## Wilde Schweiz

Wo in der Schweiz noch naturbelassene Gebiete zu finden sind, hat eine Studie der Alpenschutzorganisation Mountain Wilderness Schweiz und der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL untersucht. Demnach sind 17 Prozent der Landesfläche nach wie vor Gebiete mit hoher Wildnisqualität. Besonders im Hochgebirge und in vergletscherten Gebieten seien diese zu finden, so das Fazit der Studie. Die Wildnisgebiete könnten vor allem in den Alpen und Voralpen wieder zunehmen. Allerdings sei deren gesellschaftliche Akzeptanz klein. Die Wildnisqualität eines Gebiets bewerteten die Fachleute anhand von 4 Kriterien: Natürlichkeit, menschliche Einflüsse, Abgeschiedenheit sowie Rauheit der Topografie.

«Das Potenzial von Wildnis in der Schweiz», CHF 36.-, Haupt Verlag, ISBN: 978-3-258-08112-0



## Sonnenenergie speichern für den Winter

Strom speichern für den Winter? Das macht die Forschungsanlage der Regio Energie Solothurn (RES) «STORE&GO» in Zuchwil möglich. Unter dem Stichwort «Power-to-Gas» wird überschüssiger Strom aus dem Netz gespeist und daraus Erdgas hergestellt. Die Anlage funktioniert wie ein Kreislauf: Dank der Sonne wird im Sommer viel Ökostrom produziert. Dieser wird in Wasserstoff umgewandelt und gespeichert. In einer Methanisierungsanlage wandeln Archäen, das sind Gas bildende Mikroorganismen, Wasserstoff und Kohlendioxid in Erdgas um, das ins Erdgasnetz eingespeist wird. Das Erdgas lässt sich dann zum Beispiel zum Tanken von Erdgasfahrzeugen oder zum Kochen mit Gasherden nutzen. Bei der Verbrennung entsteht wieder Strom, wobei die Abwärme zum Heizen genutzt werden kann.

In Europa gibt es nur drei solche Anlagen, welche die verschiedenen Technologien in einer Anlage vereinen. Das Projekt «STORE&GO», das die Power-to-Gas-Technologie erforscht, ist Teil des gesamteuropäischen Forschungsprogramms Horizon 2020. In Zuchwil arbeitet die RES mit der Hochschule für Technik Rapperswil, der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt (Empa), dem Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfaches, der ETH Lausanne und der Firma Electrochaes GmbH aus Deutschland zusammen.

[regioenergie.ch](http://regioenergie.ch) > feierliche Eröffnung der STORE&GO-Anlage

# International



Die Ausdehnung des Ozonlochs in der Erdatmosphäre konnte zwar gestoppt werden. Die dafür nötigen Ersatzstoffe tragen allerdings zur Klimaerwärmung bei.

Bild: Shutterstock

## Gegen Ozonloch und Klimaerwärmung

Als 1985 das Ozonloch in der Natur nachgewiesen wurde, reagierte die Staatengemeinschaft zwei Jahre später mit dem Beschluss des Montrealer Protokolls. Damit wurden auf internationaler Ebene die schädlichsten Stoffe verboten, welche die Ozonschicht abbauen. Und es gelang tatsächlich, die Ausdehnung des Ozonlochs zu stoppen. Das Ganze hatte allerdings einen Haken: Bald wurde nämlich klar, dass es sich bei gewissen Ersatzstoffen, den teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffen (HFKW), um starke Treibhausgase handelt. Sie wirken mehrere Tausend Mal stärker als CO<sub>2</sub> und tragen damit zur Klimaerwärmung bei.

Nach mehrjährigen Verhandlungen, welche die Schweiz von Beginn an aktiv unterstützt hat, beschlossen deshalb die Vertragsparteien im Oktober 2016 in Kigali (Ruanda), das Montrealer Protokoll zu erweitern und auch bestimmte HFKW zu regeln. Die Industrieländer verpflichten sich damit, ihren Verbrauch an 18 HFKW bis 2036 schrittweise auf 15 Prozent des Niveaus von 2013 zu reduzieren. Nun hat der Bundesrat das Abkommen Ende 2018 genehmigt. Die Schweiz will die Reduktion ihres HFKW-Verbrauchs durch regelmässige Anpassungen der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) erreichen.

Felix Wertli | Sektionschef Globales | BAFU  
felix.wertli@bafu.admin.ch

## Mehr Sicherheit

Das Cartagena-Protokoll ist das erste völkerrechtliche Instrument, das sich seit knapp 20 Jahren ganz gezielt mit der Verwendung von gentechnisch veränderten lebenden Organismen befasst. Dabei geht es um die Sicherheit von Umwelt und Gesundheit. Konkret sollen solche gentechnisch veränderten Organismen, die für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt eine Gefahr bilden können, sicher angewendet und transportiert werden.

Im Rahmen der letzten Biodiversitätskonferenz im November 2018 in Sharm El Sheikh (Ägypten) stand unter anderem die synthetische Biologie im Fokus. Sie verfolgt mit verschiedenen Methoden das Ziel, neuartige Organismen oder biologische Komponenten herzustellen (siehe S. 16). Die Vertragsparteien beschlossen die Schaffung eines Mechanismus zur Beobachtung neu entwickelter Technologien der Synthetischen Biologie, auch um damit verbundene Risiken abschätzen und kontrollieren zu können. Da sich die Produkte der Synthetischen Biologie negativ oder positiv auf die Ziele des UNO-Übereinkommens über die biologische Vielfalt auswirken könnten, wurde entschieden, dieses Themengebiet grundsätzlich in die Agenda des Übereinkommens aufzunehmen. Die Beschlüsse entsprechen weitgehend der Haltung der Schweiz, die unter anderem durch das BAFU an der Konferenz vertreten war.

Norbert Bärlocher | Sektionschef Rio | BAFU  
norbert.baerlocher@bafu.admin.ch

## Wichtige Termine der internationalen Umweltpolitik

9.–14. JUNI 2019  
Ratssitzung des Globalen Umweltfonds GEF  
(Global Environment Facility) in Washington (USA)

14.–29. JUNI 2019  
Sitzung der Arbeitsgruppen des UNO-Übereinkommens zu den  
Klimaveränderungen (United Nations Framework Convention on  
Climate Change, UNFCCC) in Bonn (Deutschland)

# Recht



Blick auf die Uferzone des Wohlensees, wo der Weg entlangführen sollte.

Bild: Adrian Moser

## Kein Weg am Wohlensee

**Das Bundesgericht verhindert einen Uferweg am Wohlensee (BE), weil es den Vogelschutz höher gewichtet als die Interessen der Spaziergänger.**

Wer am Wohlensee spazieren geht, kann fast überall am See entlanglaufen. Eine Ausnahme bildet der Abschnitt zwischen Hinterkappelen und der Wohleibrücke, wo man einen Umweg in Kauf nehmen muss. Dies dürfte so bleiben. Das Bundesgericht kippte einen Entscheid des Berner Verwaltungsgerichts zur Uferwegplanung.

Der Reihe nach: Das See- und Flussufergesetz des Kantons Bern verlangt durchgehende Uferwege entlang der grösseren Seen sowie entlang der Aare. Der Uferschutzplan wurde am 13. August 1993 von der damaligen Baudirektion des Kantons Bern genehmigt. Seither beschäftigt der Uferweg Wohlensee die Gemüter und immer wieder auch die Gerichte. Der auf dem 1,2 Kilometer langen Abschnitt geplante Uferweg stiess in erster Linie bei Anwohnerinnen und Anwohnern der Inselrainbucht auf Widerstand, weil er einen unverhältnismässigen Eingriff in ihr Privateigentum darstelle und die Interessen des Vogelschutzes nicht ausreichend berücksichtige. In der Tat grenzt der vorgesehene Uferweg unmittelbar an ein Wasser- und Zugvogelreservat von

nationaler Bedeutung, das sich durch eine überdurchschnittliche Artenvielfalt auszeichnet.

2017 wies das Berner Verwaltungsgericht die Beschwerden der Gegner ab. In seinem Urteil hielt das Bundesgericht nun allerdings fest, dass die Vorinstanz dem Interesse des Vogelschutzes deutlich zu wenig Gewicht beigemessen habe. Vielmehr sei von einer erheblichen Beeinträchtigung auszugehen. Bereits heute würden die Vögel aufgrund des Bootsverkehrs wasserseitig bedrängt. Die erhöhte Besucherfrequenz durch den geplanten Uferweg würde zu einem zusätzlichen grossen Verlust des für die Wat- und Wasservögel nutzbaren Lebensraums führen. Das Bundesgericht gewichtete also letztlich den Naturschutz und die erheblichen Eigentumsinteressen der betroffenen Grundeigentümer höher als das öffentliche Interesse an einer ufernahen Wegführung.

Darüber hinaus hatte das BAFU in einer Stellungnahme vorgängig festgestellt, dass zum Schutz der Vögel ein permanenter Sichtschutz erforderlich sei. Das Erleben der Uferlandschaft, so das Bundesgericht, wäre für Spaziergänger daher ohnehin nur in sehr beschränktem Mass möglich gewesen.

Sommer

## «Cool Spots» gegen Hitze in den Städten

Sommerliche Hitzewellen wie 2003, 2015 und 2018 werden wir in Zukunft häufiger erleben. Städte und Agglomerationen sind davon besonders betroffen, denn sie bilden Wärmeinseln in der Landschaft. Was lässt sich tun, um das lokale Klima für die Bevölkerung erträglicher zu gestalten? **Text:** Hansjakob Baumgartner

Uns stehen heisse Zeiten bevor – selbst wenn es der Menschheit gelingen sollte, die globale Erwärmung durch eine rasche Reduktion der Treibhausgase auf 2 Grad Celsius (°C) zu begrenzen. Gemäss den neusten Klimaszenarien ist in diesem Fall hierzulande bis Mitte des Jahrhunderts mit einem Anstieg der Sommertemperaturen um 0,9 bis 2,5 °C zu rechnen. Was bislang nur in Ausnahmejahren vorkam, wird normal sein: Mehrtägige Hitzewellen, bei denen das Thermometer nachmittags über 30 °C klettert und nachts nicht unter 20 °C sinkt, werden uns fast alljährlich treffen.

Übermässige Hitze macht krank. Vor allem ältere Menschen und Kleinkinder leiden. In heissen Sommern ist die Sterblichkeit erhöht, hauptsächlich wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen. So gab es im Jahrhundertssommer 2003 hierzulande 975 Hitzetote. Im Sommer 2015, dem zweitwärmsten in der 154-jährigen Messgeschichte, lag die zusätzliche Sterblichkeit bei rund 800 Personen.

### Stadtluft ist heiss

Ungesund ist das künftige Klima besonders für die urbane Bevölkerung, denn

Städte und Agglomerationen sind Wärmeinseln in der Landschaft: Die dunklen, verbauten Flächen absorbieren die Sonnenstrahlung, und kühlende Winde können nur schlecht zwischen den dicht stehenden Gebäuden zirkulieren. Hinzu kommt die Abwärme von Industrie, Gewerbe, Verkehr und Haushalten. Die Luft wird deshalb tagsüber stärker

**«Es braucht mehr Freiräume mit Grünflächen, Schattenplätzen und frei zugänglichen Wasserelementen.»**

Roland Hohmann | BAFU

aufgeheizt als in ländlichen Regionen. Und nachts kühlt sie sich nur zögerlich ab, denn die Gebäude speichern die Wärme wie Kachelöfen. Gemäss neueren Klimaanalysekarten kann es etwa in Zürcher Stadtquartieren zeitweise 6 bis 7 °C wärmer sein als in der ländlichen Umgebung.

Die Strategie des Bundesrates zur Anpassung der Schweiz an den Klima-

wandel richtet denn auch ein spezielles Augenmerk auf die Städte und Agglomerationen. Doch was lässt sich tun, um den Hitzeinseleffekt zu vermindern? «Grundsätzlich braucht es mehr Freiräume mit Grünflächen, Schattenplätzen und frei zugänglichen, kühlenden Wasserelementen», sagt Roland Hohmann, Co-Leiter der Sektion Klimaberichterstattung und -anpassung beim BAFU. «Zudem muss die Frischluftzufuhr aus dem Umland gesichert sein.»

### Bäume pflanzen, Stadtgrün fördern

Im Schatten von Bäumen ist es tagsüber um bis zu 7 °C kühler als in der Umgebung. Den Aufenthaltsbereich der Menschen mit Bäumen zu bepflanzen, stellt deshalb eine effiziente Massnahme dar. Gute Schattenspende sind namentlich alte Bäume mit grossen Kronen. Allerdings erreichen sie in den Städten ein geringeres Alter als an optimalen Standorten. Die Wurzelräume sind knapp, die Wasserversorgung genügt oft nicht, und die Luft ist schmutzig. Der Klimawandel stresst die Bäume zusätzlich. Deshalb sollte man Arten pflanzen, die Hitze und Trockenheit ertragen. Bei der Bestockung der Uferpromenade



Kühlendes Gewässer: neu angelegter See in Opfikon (ZH)

Bild: StadtLandschaft GmbH | Cordula Weber

## Wasserspeicher in den Städten

Der Klimawandel führt nicht nur zu häufigeren Hitzeperioden. Auch die Niederschlagsverhältnisse verändern sich. So ist mit trockeneren Sommermonaten und nasserem Wintern zu rechnen, und die Starkniederschläge dürften ebenfalls zunehmen.

Dies hat zur Folge, dass die städtischen Grünflächen künftig vermehrt bewässert werden müssen. Andererseits erhöht der beträchtliche Anteil versiegelter Flächen in Städten die Gefahr von Überschwemmungen bei Starkregen. Durch gezielte Speicherung des Regenwassers zur zeitversetzten Bewässerung lassen sich jedoch beide Probleme entschärfen. Im Sprachgebrauch der Stadtplanung hat sich für diesen Ansatz der Begriff Schwammstadt eingebürgert:

Anstatt das Regenwasser von Dächern, Strassen und asphaltierten Plätzen rasch via die Kanalisation abzuführen, speichert man es in unterirdischen Zisternen oder in Regenwasserteichen. Bei Bedarf wird das Wasser dann zu den Pflanzenstandorten gepumpt.

Im Berliner Stadtteil Adlershof haben die Behörden ein solches Wassermanagement beispielhaft umgesetzt. Gräben an den Strassenrändern nehmen die Niederschläge auf und lassen sie langsam im Erdreich versickern. Überschüssiges Wasser wird in grössere Versickerungsmulden abgeleitet. Zudem dienen auch begrünte Dächer dazu, den Abfluss des Regenwassers zu verzögern.



## Hitze in Städten

Der Ende 2018 veröffentlichte BAFU-Bericht «Hitze in Städten – Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung» zeigt anhand von Umsetzungsbeispielen im In- und Ausland, wie sich der Hitzeinseleffekt in Städten und Agglomerationen eindämmen lässt. Darauf aufbauend werden Planungsgrundlagen, städtebauliche Leitsätze und Massnahmen formuliert. Im Bild: Wohnhochhäuser mit «vertikalem Wald» in Mailand.

Bild: Margrith Göldi Hofbauer | Winterthur

beim Port-de-Serrières in Neuenburg fiel die Wahl auf die Pinie, eine Art, die sonst nur im Mittelmeerraum zu finden ist. Bern setzt auf den Französischen Ahorn, den Schneeball-Ahorn oder die Zerreiche, die alle in warmen Regionen heimisch sind.

Von asphaltierten Flächen fliesst das Regenwasser direkt ab in die Kanalisation. Auf entsiegelten Flächen kann es hingegen versickern und später wieder verdunsten. Dabei wird der Luft Wärme entzogen. Sind die Flächen begrünt, kommt die Transpiration hinzu: Pflanzen geben über ihren Stoffwechsel Wasser ab. Ein mächtiger Baum bringt es täglich auf mehrere Hundert Liter. Dies macht Grünflächen in den Stadtquartieren zu «Cool Spots». Nachts strömt die dort entstehende Kallluft in die benachbarten Wohngebiete. Diese Fernwirkung hängt aber stark von der Grösse des Grünraums ab. Sie ist erst ab einer Hektare (10 000 Quadratmeter) nachweisbar.

## Teiche und Bäche

Auch Gewässer kühlen über die Verdunstung. Dabei geht von Bächen eine stärkere Kühlwirkung aus als von einem Teich, denn durch die Bewegung des Wassers vergrössert sich die verdunstungsfähige Oberfläche, und der Austausch mit den tieferen, kühleren Wasserschichten ist höher.

Eine städtische Bachlandschaft stellt die 5,4 Hektaren grosse Parkanlage «Schüssinsel» in Biel dar. Auslöser für die Gestaltung dieses Erholungsraums waren die Absichten der Swatch Group und der Anlagestiftung Previs, im fraglichen Gebiet ein Firmengebäude beziehungsweise eine Wohnüberbauung zu realisieren. Die zuvor monoton

zwischen Blockwurf strömende Schüss wurde in ein dynamisches Fliessgewässer umgewandelt. Heute säumen Wiesenböschungen und Flachufer mit Kiesstränden den Bach.

Im neuen Stadtteil Glattpark in Opfikon (ZH) hat man als Ausgleich zur baulichen Verdichtung einen 13 Hektaren grossen Park errichtet. Sein Kernstück ist ein See mit Schilf, Seerosen und Laichkräutern. Er wird durch Dachwasser der angrenzenden Wohn- und Geschäftshäuser gespeist, wobei das Wasser Badequalität aufweist.

### Grüne Dächer und Fassaden

Derweil sind Dächer potenzielle Pflanzflächen. Auf begrünten Flachdächern gehen – je nach Biomasse pro Fläche – 50 bis 75 Prozent der jährlichen Niederschläge durch Verdunstung zurück in die Atmosphäre. Dies führt zu einer Reduktion der sommerlichen Raumtemperatur in den Dachgeschossen um 3 bis 5 °C.

Auch auf die bodennahe Umgebung wirken Dachbegrünungen kühlend, allerdings erst bei einer Grösse ab 100 Quadratmetern und einer Gebäudehöhe bis maximal 10 Meter. Potenzial für eine Milderung der Sommerhitze haben bepflanzte Dächer daher vor allem auf niedrigen und grossflächigen Gewerbehallen oder Infrastrukturbauten. Ein höherer Kühleffekt auf den Strassenraum, wo sich Passanten aufhalten, geht von grünen Fassaden aus.

Zudem dämpfen auch kühlende Winde aus der Umgebung den Hitzeinseleffekt. Frischluftkorridore dürfen deshalb nicht zugebaut werden, und geplante Gebäude sollten längs und nicht quer zur Windrichtung stehen. Basel verfügt über entsprechende Planungsempfehlungen.

Grundlage dafür bildete eine von der Universität Basel und dem Stadtkanton erarbeitete Klimaanalyse der Region Basel (KABA).

Helle Flächen reflektieren Licht und erwärmen sich deshalb weniger stark als dunkle. In der Klimadiskussion ist daher auch schon vorgeschlagen worden, sämtliche Dächer der Welt weiss zu streichen. Im globalen Massstab ist dieser Ansatz wohl etwas realitätsfremd, doch auf lokaler Ebene wären derartige Massnahmen nicht wirkungslos. In Los Angeles haben die Behörden seit Mai 2017 Strassen versuchsweise mit einem hellen, reflektierenden Anstrich versehen. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend. So geht die US-Umweltschutzbehörde EPA davon aus, dass sich die Temperatur in einer Stadt um bis zu 0,6 °C senken liesse, wenn 35 Prozent aller Strassen mit einem reflektierenden Belag überzogen würden.

### Klimagerecht planen

Eine spezielle Herausforderung ergibt sich aus dem Gebot, bestehende Siedlungszonen zu verdichten, statt auf der grünen Wiese neu zu bauen. Eine kluge Planung ermöglicht es, bei einem Verdichtungsprojekt trotz einem Mehr an Bausubstanz den Hitzeinseleffekt im fraglichen Gebiet zu verringern. Wichtig ist dabei, den Klimaaspekt von Anfang an einzubeziehen.

Bei der Überbauung des Areals Erlentamm in Basel war dies der Fall. Durch eine Reorganisation der betrieblichen Abläufe bei der Deutschen Bahn (DB) wurde ein Teil des Güterbahnhofsareals frei für eine neue Nutzung als Stadtquartier. Der 1998 lancierte städtebauliche Wettbewerb legte auch ortsklimatische Rahmenbedingungen fest. So

musste die Durchlüftung des Quartiers gewährleistet sein, und ein Grossteil der Fläche sollte begrünt werden. Heute befinden sich auf der einst zu fast 100 Prozent versiegelten Fläche nicht bloss 700 Wohnungen, sondern auch ein 5,7 Hektaren grosser Stadtpark.

Auch für die geplante Überbauung des 6,5 Hektaren grossen Areals Thurgauerstrasse in Zürich gehören die Anforderungen an eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung zu den Planungsvorgaben. Ein grosser Teil des Areals ist heute durch Familiengärten belegt. Entstehen soll hier ein durchmischtes Quartier für 1800 Menschen, das den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft gerecht wird. Der Planungsprozess startete 2014 mit einem Testplanungsverfahren. Die Vorgaben umfassen unter anderem offen gehaltene Durchlüftungskorridore und die Planung eines ausreichenden Anteils an Grünräumen. Die Hälfte der Fläche soll unversiegelt bleiben.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-09](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-09)

*Roland Hohmann | Co-Sektionschef Klimaberichterstattung und -anpassung | BAFU  
[roland.hohmann@bafu.admin.ch](mailto:roland.hohmann@bafu.admin.ch)*

## Nachhaltiges Bauen

# Mehr als nur eine Frage der Energieeffizienz

Die Sektoren Bauen und Wohnen gehören zu den Bereichen, die am meisten Ressourcen erfordern. Entsprechend stark belasten sie die Umwelt und tragen insbesondere zur Klimaerwärmung bei. Wer nachhaltig bauen will, muss nicht nur den Energiebedarf eines Gebäudes berücksichtigen. **Text: Mike Sommer**

Beim Stichwort «nachhaltiges Bauen» denken die meisten Personen vermutlich zuerst an die Energiefresser Heizung, Kühlung und Warmwasseraufbereitung. Im Jahr 2000 entfielen in der Schweiz fast 35 Prozent der Endenergie auf die Erzeugung der Raumwärme. 2015 waren es nur noch gut 31 Prozent. Obschon immer mehr Menschen immer mehr Gebäude bewohnen und darin arbeiten, nimmt der Heizenergiebedarf also ab.

Steigende Preise für Energie, die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe, das wachsende Umweltbewusstsein und eine fortschrittliche Baugesetzgebung verhelfen

**«Fortschritte können wir mit Sensibilisierung und guten Vorbildern erreichen.»**

David Hiltbrunner | BAFU

zunehmend Gebäudestandards zum Durchbruch, die den Energieverbrauch massiv reduzieren. Dies zeigt auch eine weitere Kennzahl: Von 1975 bis 2015

reduzierte sich der Wärmebedarf eines neu erstellten Wohnhauses für Heizung und Warmwasseraufbereitung im Durchschnitt um 75 Prozent. Die kontinuierliche Erneuerung des Gebäudebestandes wird weitere Fortschritte bringen, auch wenn die derzeitige Sanierungsrate eher bescheiden ausfällt. Mit dem sinkenden Energiebedarf von Neubauten rücken jedoch zunehmend andere Umweltauswirkungen des Bauens in den Vordergrund.

## Graue Energie in Baustoffen

Dazu gehören etwa die fortschreitende Ausdehnung der Fläche für die Bereiche Wohnen, Arbeiten und Freizeit, was sich auf die Siedlungsstruktur, die Mobilität und den Rohstoffbedarf auswirkt. Entscheidend ist zudem der Verbrauch an Baustoffen und -materialien. In ihnen steckt – neben den eigentlichen Primärrohstoffen wie beispielsweise Kies – sogenannte graue Energie, also die zur Rohstoffgewinnung, Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung erforderliche, nicht erneuerbare Primärenergie einschliesslich der Transporte. Umgerechnet auf die Fläche und die Lebensdauer eines Gebäudes, lässt sie sich mit dessen Betriebsenergie vergleichen.

Das Resultat erstaunt: Selbst in einem Niedrigenergie-Neubau schlägt jeder Quadratmeter Nutzfläche mit 40 bis 50 Kilowattstunden grauer Energie pro Jahr zu Buche. Dies ist mehr als für Heizung und Warmwasser verbraucht wird.

Wie viel graue Energie ein Gebäude enthält, lässt sich im Voraus berechnen – und zwar dank dem Bauteilkatalog, der auf den von der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane öffentlicher Bauherren (KBOB) veröffentlichten «Ökobilanzdaten im Baubereich» aufbaut. Er bemisst umweltrelevante Aspekte von Baustoffen und Bauteilen wie die graue Energie oder die Treibhausgas-Emissionen in Kohlendioxid-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>-Eq.) und bilanziert sie in der Einheit Umweltbelastungspunkte. So lässt sich zum Beispiel beurteilen, wie eine Betondecke punkto Umweltbelastung im Vergleich zu einer Massivholzdecke abschneidet.

## Bauabfälle besser verwerten

Die bewusste Wahl der Baumaterialien macht Gebäude zweifellos nachhaltiger. Was nach dem Abbruch oder Rückbau geschieht, hat ebenfalls Auswirkungen auf die Umwelt. «Das Ziel muss sein,



Nachhaltiges Bauen mit Holz: Die Produktionshalle der BLS in Bönigen (BE) wurde beim Prix Lignum 2018 mit dem Sonderpreis Schweizer Holz ausgezeichnet.

Bild: Thomas Telley | Prix Lignum 2018

## Landschaftsverträglich bauen

Jedes Bauwerk verändert die Landschaft, weshalb Aspekte wie Lage und Qualität der Gestaltung von grosser Bedeutung sind. «Das Einfamilienhaus auf der grünen Wiese ist aus ökologischer Sicht nicht nachhaltig, denn es fördert die Zersiedelung, versiegelt den Boden und verursacht unnötige Mobilität», sagt Claudia Moll von der Sektion Ländlicher Raum beim BAFU. In der Koordinationskonferenz Nachhaltiges Bauen des Amtes bringt sie die Aspekte der Landschaftsqualität ein. Diese sind gerade in den städtischen Landschaften, wo rund 85 Prozent der Schweizer Bevölkerung leben, für die Lebensqualität von zentraler Bedeutung.

Die Anliegen sind vielfältig: Bauten sollen sich gut in die Topografie einfügen sowie regionale Eigenarten eines Ortes aufnehmen: «Damit stärken wir regionale Wertschöpfungsketten sowie die Standortattraktivität und fördern Landschaftsleistungen wie das Gefühl von Identifikation und Heimat, die für unsere Gesundheit wichtige Erholung sowie die Erfüllung ästhetischer Ansprüche», stellt Claudia Moll

fest. Nachhaltiges Bauen schliesst zudem Überlegungen zur Gestaltung der Gebäudeumgebung mit ein. Sorgfältig gestaltete Freiflächen fördern die Biodiversität, verbessern das Stadtklima und schaffen soziale Begegnungsräume.

«Der transdisziplinäre Ansatz bedeutet eine Herausforderung», sagt die BAFU-Fachfrau. «Unsere Aufgabe ist es, das Verständnis für ein übergreifendes Qualitätsbewusstsein im Interesse einer natur- und menschenverträglichen Landschaft zu fördern.» Diese Perspektive nimmt auch das sich gegenwärtig in Überarbeitung befindende Landschaftskonzept Schweiz (LKS) ein, das verbindliche Ziele für die raumrelevanten Politikfelder des Bundes formuliert. Im Rahmen des 2017 vom Bundesrat verabschiedeten Aktionsplans zur Strategie Biodiversität Schweiz beschäftigt sich ein Pilotprojekt des BAFU ausserdem mit der Frage, wie man die Artenvielfalt und die Landschaftsqualitäten bei der weiteren Entwicklung der Agglomerationen wirkungsvoll fördern kann.

Bauabfälle möglichst gut zu verwerten, um Ressourcen und Deponieraum zu schonen», sagt David Hiltbrunner von der Sektion Rohstoffkreisläufe BAFU. Bei Metallen funktioniert das bereits gut. Auch Betonabbruch findet zunehmend Verwendung als Gesteinskörnung für Recyclingbeton oder als Kiesersatz im Strassenbau.

Um die Recyclingquote zu steigern, sollte das Augenmerk vermehrt auf das Design der Bauteile gerichtet werden, erklärt David Hiltbrunner am Beispiel der zur Dämmung eingesetzten Styroporplatten: «Diese dämmen zwar ausgezeichnet, sind aber ein Albtraum bei der Entsorgung, weil sie meistens auf einer Unterlage kleben und kaum wieder von dieser getrennt werden können.» Stecken und schrauben statt kleben müsse deshalb die Devise heissen, und Verbundstoffe und -konstruktionen

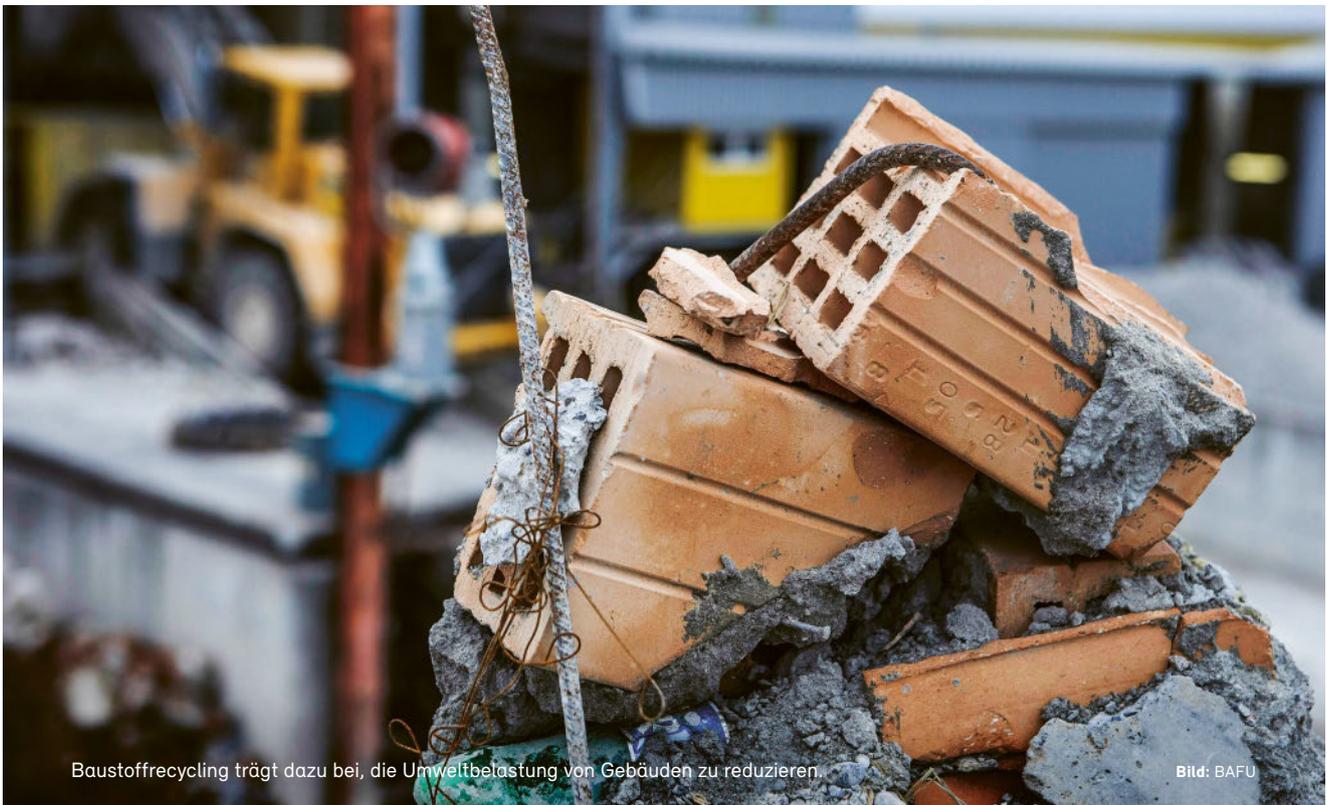
sollte man beim Bauen vermeiden. Wichtig sind auch flexible Konstruktionstechniken, die Umbauten und den Austausch von einzelnen Bauteilen erleichtern. Sie verlängern die Lebensdauer von Gebäuden und reduzieren dadurch die Umweltbelastung.

### Standard gibt Orientierung

Konsequent auf Nachhaltigkeit getrimmte Produkte gibt es zwar, doch auf dem Markt haben sie wegen des oft höheren Preises einen schweren Stand. «Fortschritte können wir durch Sensibilisierung und mit guten Vorbildern erreichen», ist David Hiltbrunner überzeugt. Eine wichtige Rolle kommt dabei dem Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz (NNBS) zu, einem Zusammenschluss von Unternehmen, Branchenverbänden, Forschungsinstitutionen, Kantonen,

Gemeinden und Bundesämtern. Dieses Netzwerk fördert den Austausch unter allen Akteuren und hat mit dem Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) – vorerst für den Hochbau – eine Orientierungshilfe für Bauherrschaften und Investoren geschaffen. Der Bund wendet den SNBS bei eigenen grossen Bauvorhaben bereits weitgehend an. Seit 2016 ist auch eine SNBS-Zertifizierung von Bauwerken möglich. Davon haben bisher zwar noch nicht viele Bauherrschaften Gebrauch gemacht. Doch dies dürfte sich langfristig ändern, denn Nachhaltigkeitszertifikate verbessern die Marktfähigkeit von Objekten.

Auch der 2016 veröffentlichte Bericht des Bundesrates zur Grünen Wirtschaft sieht Massnahmen zur Förderung von Sekundärrohstoffen vor. Sie sollen unter anderem die deponierte Menge der Bauabfälle markant reduzieren.



Baustoffrecycling trägt dazu bei, die Umweltbelastung von Gebäuden zu reduzieren.

Bild: BAFU

## Holz: umfassend nachhaltig

Als natürlicher, nachwachsender und einheimischer Rohstoff ist Holz das nachhaltige Baumaterial schlechthin. Es hat die Fähigkeit, das wichtigste Treibhausgas, Kohlendioxid, aus der Atmosphäre aufzunehmen und langfristig in Holzprodukten zu binden. Holz als Baumaterial enthält wenig graue Energie, verursacht nur einen geringen Ausstoss an Treibhausgasen, dämmt gut und lässt sich klimaneutral thermisch verwerten. Wird Holz aus der Region verwendet, kann es aber nicht nur als ökologisches Baumaterial punkten, meint Achim Schafer von der Sektion Holzwirtschaft und Waldwirtschaft im BAFU und präzisiert: «Die Verwendung von Holz für das Bauen stärkt die regionale Wertschöpfung. Der Einsatz von Holz aus einer nachhaltigen Waldwirtschaft leistet einen Beitrag zur Biodiversität, zur Luftreinigung, zum Schutz vor Naturgefahren und bietet Arbeitsplätze in Randregionen.» Diese Leistungen lassen sich nur schwer beziffern, sie finden aber zum Teil Eingang in die Ökobilanzierung und in den Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS).

Der Anteil des Holzes am 3,2 Milliarden Tonnen schweren «Bauwerk Schweiz» betrug 2015 37 Millionen Tonnen. Das Potenzial für Baumaterialien, Innenausstattungen,

Möbel und die Aussenbereiche wird damit noch nicht ausgeschöpft. Vom jährlich im Schweizer Wald nutzbaren Potenzial werden nur zwei Drittel geerntet.

Mit der Ressourcenpolitik Holz will der Bund den Einsatz dieses Rohstoffs für das Bauen fördern. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung sind die neuen Brandschutzanforderungen an Holzbauten. Sie erlauben entsprechende Wohn-, Büro-, Industrie- und Gewerbebauten sowie Schulhäuser mit einer Gesamthöhe von bis zu 30 Metern. Auch bei Hochhäusern sind unter bestimmten Bedingungen tragende und brandabschnittsbildende Bauteile aus Holz erlaubt. In Vorbereitung sind neue Empfehlungen der Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB) – unter anderem zur Beschaffung von nachhaltig produziertem Holz und zu Holzbauten in der Immobilienstrategie.

### 44 Nachhaltigkeitskriterien

Der SNBS bewertet Bauwerke anhand von 44 Kriterien. Neben den Aspekten Ressourcenverfügbarkeit, graue Energie, Bauweise und Verwertbarkeit geht es dabei etwa um städtebauliche Anliegen, die Erschliessung, regionale Wertschöpfungsketten, Flora und Fauna, das Mobilitätskonzept sowie soziale Themen. Nur mit dieser breiten Betrachtung ist es möglich, die Nachhaltigkeit eines Bauwerks wirklichkeitsnah zu erfassen. Dabei können einzelne Kriterien miteinander in Konkurrenz stehen und sich sogar widersprechen. Eine dicke Gebäudehülle etwa erfordert einen grösseren Materialeinsatz und

erhöht den Anteil der grauen Energie. Dafür ist das Gebäude damit besser wärmeisoliert und seine Lebensdauer unter Umständen länger. Dies macht nachhaltiges Bauen zur komplexen Angelegenheit.

Die vom NNBS geförderte gesamtheitliche Betrachtung erachtet David Hiltbrunner als entscheidend, damit das Bauen und folglich auch der Wohnsektor nachhaltiger werden. Um der Komplexität des Themas gerecht zu werden, tauschen sich die Fachspezialisten des BAFU regelmässig in der internen Koordinationskonferenz Nachhaltiges Bauen aus. Diese Vernetzung verschafft dem Thema Nachhaltiges Bauen die seiner Bedeutung für die

Umwelt entsprechende Beachtung. Erhebliche Chancen bietet freilich auch die zunehmende Digitalisierung. Neue Instrumente – wie das Building Information Modeling (BIM) – ermöglichen eine viel detailliertere Planung als heute. Damit lässt sich zum Beispiel der künftige Energieverbrauch eines Gebäudes simulieren oder ein Materialpass der eingesetzten Baumaterialien erstellen.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-10](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-10)

*David Hiltbrunner | Sektion  
 Rohstoffkreisläufe | BAFU  
 david.hiltbrunner@bafu.admin.ch*

Neue Szenarien

## Konkrete Klimazukunft der Schweiz

Dank den aktualisierten Klimaszenarien kann sich die Schweiz besser auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten. Mithilfe dieser Forschungsergebnisse lassen sich etwa Warnsysteme oder Schutzbauten effizienter planen. Zudem können zum Beispiel die Betreiber von Wasserkraftwerken genauer abschätzen, wie sich das Abflussregime in ihren Einzugsgebieten verändern wird. **Text:** Kaspar Meuli

Den Sommer 2018 wird man in Schaffhausen nicht so rasch vergessen. Neben milden Grillabenden und Open-Air-Konzerten, die für einmal ohne Regen auskamen, hatten das wärmste in der Schweiz je gemessene Sommerhalbjahr und die extreme Niederschlagsarmut in der Ostschweiz auch deutlich weniger erfreuliche Auswirkungen.

**«Die neuen Klima-Daten dürften der Umsetzung von Anpassungsprojekten Schub verleihen.»**

Roland Hohmann | BAFU

So büsste der Rheinfall – die touristische Hauptattraktion der Stadt – massiv an Anziehungskraft ein. Durch den tiefen Wasserstand verkam der grösste Wasserfall Europas zum Rinnsal. Dementsprechend nahmen auch die Besucherzahlen ab. Noch drastischer waren die Folgen des Ausnahmesommers für das Laufwasserwerk Schaffhausen, produzierte es doch nur noch halb so viel Strom wie gewöhnlich. Und gar tödlich wirkten sich Hitze und fehlender

Regen auf Tausende von Fischen aus. Die Menge an verendeten Äschen und Forellen betrug 3 Tonnen. Ab einer Wassertemperatur von 23 Grad Celsius (°C) zeigen diese Arten erste Stresssymptome, und bei 24 bis 25 °C sind sie ernsthaft gefährdet. Im August 2018 kletterte die Wassertemperatur im Rhein bei Schaffhausen jedoch auf 27 °C.

### Häufigere Trockenperioden

Probleme, wie sie Schaffhausen in jenem Sommer erlebt hat, werden in Zukunft in der ganzen Schweiz häufiger. «Mit fortschreitendem Klimawandel nimmt die Tendenz zur Trockenheit weiter zu», heisst es im neuen Bericht «CH2018 Klimaszenarien für die Schweiz». «Gegen Ende des Jahrhunderts könnte eine Trockenheit, wie sie bisher ein- bis zweimal in 10 Jahren auftrat, jedes zweite Jahr vorkommen.» Das Interesse an diesem «Beängstigenden Blick in die Klimazukunft der Schweiz» – wie die NZZ titelte – war gross. So verfolgten im November 2018 mehr als 700 Personen die Präsentation an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, und die Medien berichteten prominent darüber. Gemäss den Hauptaussagen der im Auftrag des Bundesrates entwickelten Klimaszenarien wird die Schweiz trockener,

heisser, schneeärmer und kämpft künftig mit heftigeren Niederschlägen.

### Zwei denkbare Entwicklungen

Trotz der alarmierenden Perspektiven gibt es auch eine gute Nachricht: Handelt die Staatengemeinschaft entsprechend den Klimazielen von Paris und senkt sie die Treibhausgas-Emissionen, so lässt sich das Ausmass der geschilderten Auswirkungen bis 2060 auf etwa die Hälfte reduzieren. In der Schweiz wäre in diesem Fall mit einem Anstieg der durchschnittlichen Sommertemperatur um 0,9 bis 2,5 °C zu rechnen. Ohne solche Anstrengungen würde es bei uns jedoch um 2,3 bis 4,4 °C wärmer.

Die Klimazukunft unseres Landes hängt entscheidend von der Entwicklung der weltweiten Treibhausgas-Emissionen in den kommenden Jahrzehnten ab. Der neue Bericht stellt deshalb konsequent ein pessimistisches neben ein optimistisches Emissionsszenario. Der Entwicklung ohne Klimaschutz stehen also griffige Massnahmen gegenüber, welche die Folgen des Klimawandels stark mildern.

### Schritt nach vorne

Im Vergleich zu früheren Schweizer Klimaberichten bedeute diese unmiss-

## Längere Hitzewellen und Dürren

Ohne erfolgreiche Umsetzung von globalen Klimaschutzmassnahmen wird es in der Schweiz um das Jahr 2060 – verglichen mit dem Zeitraum von 1981 bis 2010 – im Jahresdurchschnitt um 2 bis 3,3 °C wärmer sein. Zwischen 2070 und 2100 ist ohne Klimaschutz sogar eine Erwärmung von 3,3 bis 5,4 °C wahrscheinlich. Zudem treten sommerliche Hitzephasen häufiger, länger und ausgeprägter auf. Der wärmste Tag des Jahres könnte bis zur Mitte des Jahrhunderts je nach Region um 2 bis 5,5 °C heisser sein. Kommt dazu, dass längere Hitzesommer – wie im Rekordjahr 2003 – dann die Norm darstellen. Sehr heisse Tage mit Temperaturen, wie sie bisher in der Regel

nur einmal im Jahr vorkamen, gibt es im Durchschnitt 18-mal jährlich. Auch lange Trockenperioden dürften an der Tagesordnung sein. Die Simulationen zeigen, dass die Sommerniederschläge bis 2060 zurückgehen. Die längste Trockenperiode könnte durchschnittlich bis zu 9 Tage länger dauern als heute. Wenn es aber regnet, dann heftig. An Tagen mit den stärksten Niederschlägen fällt Mitte des Jahrhunderts 10 Prozent mehr Regen. Ein sogenannter Jahrhundertniederschlag wird im Sommer gar rund 20 Prozent mehr Regen mit sich bringen.

verständliche Unterscheidung «einen grossen Schritt nach vorne», sagt Roland Hohmann vom BAFU. Er ist Co-Leiter der Sektion Klimaberichterstattung und -anpassung und war Mitglied der Begleitgruppe zu den Klimaszenarien. «Der Klimawandel schreitet so schnell voran, dass heute das sogenannte Hochemissionsszenario kommuniziert wird – früher war man diesbezüglich zurückhaltender, um nicht der Schwarzmalerei beschuldigt zu werden.» Will sich die Schweiz jedoch tatsächlich auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten, darf sie nicht einfach von den wahrscheinlichsten Veränderungen ausgehen, sondern muss auch mögliche Extreme bedenken. Reto Knutti, Professor für Klimaphysik an der ETH Zürich, brachte es bei der Präsentation der Szenarien auf den Punkt: «Wer eine Versicherung abschliesst, tut das ja auch nicht für einen wahrscheinlichen Fall, sondern für einen, der hoffentlich nie eintritt.»

Was aber bedeuten die verbesserten Klimaszenarien für die Anpassung der Schweiz an den Klimawandel? «Auf strategischer Ebene wird sich nichts ändern», erklärt Roland Hohmann, «aber die neuen Daten dürften der Umsetzung von Anpassungsprojekten

Schub verleihen.» Und was sagen die Erkenntnisse für die Schweizer Klimapolitik als Ganzes aus? «Die Szenarien zeigen eindeutig, was geschieht, wenn wir weiterhin ungenügenden Klimaschutz betreiben, und welche Folgen sich durch eine griffige nationale und internationale Klimapolitik vermeiden lassen», betont Roland Hohmann.

### Neue Daten und Simulationen

Die Klimaszenarien CH2018 sind nach 2007 und 2011 bereits der dritte Blick auf die Schweizer Klimazukunft. Aktualisierte Szenarien zur künftigen Entwicklung des Klimas drängen sich auf, weil das Wissen über das Ausmass des globalen Wandels und seine regionalen Auswirkungen immer breiter wird. «Verglichen mit dem letzten Bericht verfügen wir heute über Beobachtungsdaten von sieben weiteren Jahren», erklärt Christoph Raible, Professor für Klimadynamik an der Universität Bern. Dadurch liessen sich die Trends in den Messreihen genauer erfassen. «Im Lauf der letzten Jahre sind zudem neue globale, aber auch regionale Klimasimulationen entstanden. Gegenüber den für den letzten Bericht 2011 verwendeten Daten ist ihre räumliche Auflösung viermal so hoch.»

Fachleute von MeteoSchweiz, der ETH Zürich und dem Oeschger-Zentrum für Klimaforschung der Universität Bern haben die Szenarien gemeinsam erarbeitet. Die rund 40 beteiligten Personen verbanden dazu Simulationen von insgesamt 21 verschiedenen Computermodellen mit Beobachtungen bisheriger Trends. Die aktuellen Szenarien bestätigen die bereits bekannten Erkenntnisse, liefern aber neu auch konkrete Zahlenangaben für Entwicklungen, zu denen die Forschung bisher nur pauschale Aussagen machen konnte – etwa zum Umfang von extremen Niederschlägen.

### Grosse regionale Unterschiede

Da bei den Szenarien erhebliche Unterschiede bestehen – beispielsweise zwischen Mittelland und Alpen oder zwischen Nord- und Südschweiz –, haben die Forschenden erstmals auch regional abgestufte Werte berechnet. All diese Daten sind öffentlich zugänglich und im Internet unter [www.klimaszenarien.ch](http://www.klimaszenarien.ch) benutzerfreundlich aufbereitet. Ein Webatlas umfasst rund 20 000 Grafiken, die für Interessierte regionalspezifische Angaben zu künftigen Hitzetagen, Tropennächten oder der Anzahl von Neuschneetagen



Wenn es in Zukunft regnet, dann heftig: Nach massiven Niederschlägen kam es am Lago Maggiore im November 2018 zu Überschwemmungen.

Bild: ky

machen. «Solche Informationen müssen bei Investitionen – wie beispielsweise dem Ausbau eines Skigebiets – berücksichtigt werden», umreisst Roland Hohmann eine mögliche Anwendung dieser Datensammlung. In den bisher schneereichen höheren Lagen wird an deutlich weniger Tagen Schnee fallen. So ist in den Zentralalpen Mitte dieses Jahrhunderts mit gegen 30 Neuschneetagen weniger als heute zu rechnen. Die Nullgradgrenze könnte bis 2060 um 650 Meter in die Höhe klettern und im Winter auf rund 1500 Meter über Meer ansteigen, was etwa der Höhe von Davos (GR) entspricht.

### Abschätzung konkreter Folgen

Doch nicht nur für Investitionen in den Wintertourismus sind die Klimaszenarien von Bedeutung. Bauernverbände und Energieversorger, aber auch Ingenieur- und Architekturbüros können anhand des Berichts nun besser abschätzen, was konkret auf sie zukommt. Regnet es künftig heftiger, drängen sich unter anderem Anpassungen bei den Baunormen auf. «Gebäudeschutz, Hochwasserschutzbauten und Entwässerungssysteme müssen noch besser aufeinander abgestimmt und ausreichend dimensioniert werden», erklärt Stefan Cadosch, der Präsident des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA). Dazu könne man sich nicht nur auf Daten der Vergangenheit abstützen, sondern es müssten auch Szenarien zum Klima der Zukunft in neue Normen einfließen. Die Wasserwirtschaft wiederum ist an Daten zur Verfügbarkeit ihrer wichtigsten Ressource interessiert. «Die Kraftwerksbetreiber müssen abschätzen können, wie sich das Abflussregime in ihren

Einzugsgebieten verändern wird», sagt Roger Pfammatter, Geschäftsführer des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbands (SWV). «Entscheidend ist für uns deshalb, dass Klimaszenarien sowohl räumlich wie zeitlich dieser Fragestellung entsprechend aufgelöst sind.»

Nicht zuletzt aber stellen die neuen Klimaszenarien eine Grundlage dar für wissenschaftliche Untersuchungen, welche die Schweiz beim Umgang mit den Folgen des Klimawandels unterstützen sollen: Welche Schädlinge werden der Landwirtschaft künftig zu schaffen machen? Wie entwickeln sich die Temperaturen in unseren Bächen und Flüssen weiter? Wo könnten Rutschungen, ausgelöst durch auftauenden Permafrost, Verkehrswege gefährden? Forschende, die Antworten auf diese und unzählige weitere Fragen suchen, werden in ihren Studien auf die neuesten Klimaszenarien zurückgreifen.

Zurück nach Schaffhausen und zum Sommer 2018: Das Fischsterben im

*Handeln wir nach den Pariser Klimazielen, reduzieren sich die Auswirkungen um die Hälfte.*

Rhein hätte noch weit schlimmer ausfallen können. Im Hitzesommer 2003 nämlich gab es deutlich mehr tote Fische als 2018. Als das Wasser im letzten Jahr erneut kritische Temperaturen erreichte, spielte die Koordination unter vielen verschiedenen Akteuren. Am Rhein wurden schattige Zuflüsse ausgebaggert, um Nischen zu schaffen. Freiwillige fingen Fische ein und brachten sie in kühlerem Wasser in Sicherheit. Die Behörden waren also besser auf die Hitzewelle vorbereitet. Auch die Klimaszenarien CH2018 tragen dazu bei, dass wir lernen, in einem sich verändernden Klima zu leben. Die neuen Klimaszenarien sind unter [www.klimaszenarien.ch](http://www.klimaszenarien.ch) beschrieben.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-11](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-11)

*Roland Hohmann | Co-Sektionschef Klimaberichterstattung und -anpassung | BAFU  
[roland.hohmann@bafu.admin.ch](mailto:roland.hohmann@bafu.admin.ch)*

## Strassenverkehr

## Besser schlafen dank Tempo 30

Strassenlärm ist für Menschen nicht nur lästig, sondern gefährdet auch ihre Gesundheit. Das BAFU setzt sich unter anderem für Temporeduktionen als Lärmschutzmassnahme ein. Denn sie können den motorisierten Verkehr sowohl in Wohnquartieren als auch auf den Hauptstrassen beruhigen. Text: Sophie Bader

Lärm macht krank. Am gefährlichsten ist der allgegenwärtige Strassenlärm. Gemäss neuesten Zahlen des Schweizerischen Tropen- und Public Health-Instituts (Swiss TPH) in Basel sterben in der Schweiz jährlich rund 450 Menschen an den Folgen von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, die durch Strassenlärm verursacht sind. Im Vergleich dazu kamen 2017 gemäss Zahlen des Bundesamtes für Statistik (BFS) 230 Menschen bei Unfällen auf Schweizer Strassen ums Leben. Hierzulande ist am Tag jede siebte und in der Nacht jede achte Person an ihrem Wohnort von schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm betroffen. Bei einer Gesamtbevölkerung von 8,3 Millionen (Stand 2015) entspricht dies tagsüber also rund 1,1 Millionen und nachts 1 Million Personen.

Lärm ist aber nicht nur ein Problem für jede Einzelperson, sondern auch für die ganze Gesellschaft. Allein die volkswirtschaftlichen Kosten des Lärms durch den Strassen-, Schienen- und Flugverkehr werden in der Schweiz für das Jahr 2015 auf 2,6 Milliarden Franken geschätzt, wobei 2,1 Milliarden auf den Strassenlärm entfallen.

### «Halbierung des Verkehrs»

Strassenlärm wird mit verschiedenen Mitteln bekämpft. Dabei stehen Massnahmen im Vordergrund, die das Problem an der Quelle angehen. Lärmarme Strassenbeläge oder Temporeduktionen mindern die Lärmemissionen deutlich, wovon die gesamte Anwohnerschaft profitiert. Demgegenüber schirmen Lärmschutzwände die Betroffenen in den unteren Etagen zwar ab, doch bleiben die höher gelegenen

Wohnungen den Emissionen nach wie vor direkt ausgesetzt.

In der Schweiz leben rund 90 Prozent der Personen, die unter übermässigem Strassenlärm leiden, in Städten und Agglomerationen. In den zentrumsnahen Gebieten ist die Lärmbekämpfung an der Quelle aufgrund der begrenzten Raumverhältnisse noch wichtiger. Doch für Schutzvorrichtungen wie Lärmschutzwände hat es oft zu wenig Platz. Seit einigen Jahren wird die Einrichtung von Tempo-30-Zonen oder -Strecken deshalb immer wichtiger. Sophie Hoehn, Chefin der Sektion Strassenlärm beim BAFU, bezeichnet sie als «einfache, effiziente und kostengünstige Massnahme, die sofort zu einer spürbaren Verbesserung der Lärmsituation im betroffenen Gebiet führt». Wenn Tempo 30 statt 50 gelte, lasse sich der durchschnittliche Schallpegel um rund 3 Dezibel (dB) reduzieren, was umgerechnet einer Halbierung des Verkehrs entspreche.

### Weniger «sportliche» Beschleunigung

Der Startschuss zu einer vertieften Auseinandersetzung mit Tempo 30 zur Lärmreduktion erfolgte 2015. Bereits damals war eine kontroverse öffentliche Debatte im Gang und die Verunsicherung sogar bei kantonalen Lärmschutzfachstellen bisweilen gross: Wie hoch ist der effektive Nutzen der Lärmreduktion bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h? Und welche Folgen hat diese allenfalls auf den Verkehrsfluss? Um die Debatte zu versachlichen, erarbeitete die Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung (EKLB) ein Grundlagenpapier. Es sollte Kantonen und Gemeinden



In der Berner Gemeinde Köniz hat die Schaffung einer Tempo-30-Zone den Verkehrsfluss verstetigt.

Bild: Ephraim Bieri | Ex-Press | BAFU

## «Tempo 30 ist eine einfache, effiziente und kostengünstige Massnahme.»

Sophie Hoehn | BAFU

als Argumentationshilfe bei der Schaffung solcher Strecken und Zonen dienen. Im Fazit hält der Bericht fest, dass man durch die Temporeduktion «eine Lärminderung von mehreren Dezibel» erreichen könne. Auf übersichtlichen Tempo-30-Strecken wird nämlich tendenziell weniger gebremst und lautstark beschleunigt, was die Lärmemissionen deutlich senkt. Dies sorgt insbesondere für mehr Ruhe in der Nacht und somit für einen besseren Schlaf.

Derselbe Bericht weist auch auf die Schaffung einer Tempo-30-Zone in der Berner Gemeinde Köniz hin, welche die Sicherheit für Fussgängerinnen und Fussgänger sowie Radfahrende verbessert und gleichzeitig den Verkehrsfluss verstetigt hat (siehe Box S. 58).

Inzwischen liegen nun auch konkrete Messdaten vor, welche die Wirksamkeit von Tempo-30-Massnahmen bezüglich Lärmreduktion bestätigen. Unter Federführung des Schweizerischen Verbandes der Verkehrsingenieure und -experten (SVI) und gemeinsam mit dem Kanton Waadt führt die Stadt

Lausanne einen wissenschaftlich begleiteten Versuch durch. Seit Frühling 2017 und noch bis Mitte 2019 gilt auf den zwei sanierungsbedürftigen Hauptverkehrsstrassen Avenue de Beaulieu und Avenue Vinet jeweils zwischen 22 und 6 Uhr Tempo 30. Die ersten Resultate sind eindeutig: Perioden mit sehr hohem Geräuschpegel über 70 dB liessen sich um 80 Prozent reduzieren. In der Nacht wurde der Lärmpegel im Durchschnitt um 3,1 dB (Avenue de Beaulieu) beziehungsweise um 2,5 dB (Avenue Vinet) vermindert. Zudem gibt rund die Hälfte der betroffenen Anwohnerschaft an, sie hätte die Auswirkungen der Geschwindigkeitsbegrenzungen wahrgenommen.

## «Wirksam, günstig, verhältnismässig»

Darüber hinaus hat das Bundesgericht im März 2018 Geschwindigkeitsreduktionen auch auf stark befahrenen Strassen als grundsätzlich zulässig und für die Lärmbekämpfung als wirksam beurteilt. In einem rechtlich wegweisenden Entscheid erlaubte es Tempo 30 auf der Sevogelstrasse in Basel und bestätigte damit den kantonalen Entscheid. Dabei handelt es sich um eine verkehrsorientierte Strasse, die vornehmlich dem Durchgangs- und nicht dem Anwohnerverkehr dient. Bisher war die rechtliche Umsetzung von Tempo 30 auf solchen Strassen umstritten. Die Bundesrichter beurteilten die Temporeduktion als eine «wirksame, günstige und somit verhältnismässige Massnahme zur

## Im Fluss mit Tempo 30

Die Gegnerschaft von Tempo-30-Zonen führt sehr oft ins Feld, dass diese den Verkehrsfluss deutlich erschweren und ihn zu Spitzenzeiten gar zum Erliegen bringen. Etwas ganz anderes lässt sich seit Jahren in Köniz (BE) beobachten. Mitten durch die Gemeinde mit rund 40 000 Einwohnerinnen und Einwohnern führt die Schwarzenburgstrasse. Auf dieser Kantonsstrasse verkehren täglich fast 20 000 Fahrzeuge.

Unter herkömmlicher Tempo-50-Signalisation mit Fussgängerstreifen kam es regelmässig zu massiven Staus. Zwischen 2000 und 2004 erfuhr das Zentrum durch den Bau von Restaurants und Einkaufsläden eine Aufwertung und Verdichtung. Dazu gehörte auch die Schaffung einer Tempo-30-Zone auf einer Länge von rund 300 Metern. In der Mitte der Fahrbahn ist heute ein relativ breiter Streifen gekennzeichnet, doch

auf Fussgängerstreifen hat man verzichtet. «Eine Lärmreduktion stand bei der Einführung von Tempo 30 nicht im Vordergrund», sagt Ueli Weber, der damals zuständige Projektleiter. «Es ging uns vielmehr um ein gleichberechtigtes Miteinander aller Verkehrsteilnehmenden.»

Seither hat sich der Verkehrsfluss sichtlich verbessert, und es kommt zu deutlich weniger Staus. Ueli Weber begründet dies mit dem Wegfallen des durch Fussgängerstreifen ausgelösten Stop-and-go-Fahrens. Zudem realisieren Fahrzeuglenkende bei einer Strassenraumgestaltung mit Tempo 30 eher, dass sie sich in einem Ortszentrum befinden, und nehmen deshalb Rücksicht. Ueli Weber ist denn auch überzeugt: «Das Schaffen von Tempo-30-Zonen geht nicht zulasten des Verkehrsflusses.»

Lärmbekämpfung». Kurz darauf behandelte das Bundesgericht vergleichbare Fälle aus der Stadt Zürich und bestätigte den Basler Entscheid.

Obschon also bereits viele Fakten auf dem Tisch liegen, ist der lokale Widerstand gegen die Einführung von Tempo 30 nach wie vor beträchtlich. Sophie Hoehn vom BAFU findet dies bedauerlich: «Insbesondere auf breiten Strassen mit guter Sicht und ohne bauliche Massnahmen lassen sich Lärmmissionen mit Tempo 30 besonders wirksam reduzieren.» Denn dadurch sinkt der akustische Mittelungspegel, der dem Durchschnitt von sich ständig verändernden Teilgeräuschen unterschiedlicher Lautstärke entspricht, und laute Brems- und Beschleunigungsphasen fallen nahezu weg.

Erstmals liefert nun eine neue Studie Grundlagen zur Beurteilung der Lärmauswirkungen einer auf 30 Stundenkilometer (km/h) begrenzten Geschwindigkeit. Sie ist unter Federführung des Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) entstanden, wobei das BAFU und das Bundesamt für Strassen (ASTRA) den Auftrag dazu erteilt haben. Zur Optimierung der Lärmreduktion in Zonen mit einer solchen Tempobegrenzung lassen sich anhand der Studie drei Erkenntnisse ableiten: Erstens ermöglichen eine freie 30-km/h-Zone

oder ein Streckenabschnitt mit diesem Tempolimit bereits eine beträchtliche Geschwindigkeitsreduktion. «Zweitens ist es sinnvoll, einen guten Verkehrsfluss ohne unnötige Anpassungen der Fahrbahn sicherzustellen, da solche laute Beschleunigungs- und Verlangsamungsphasen verursachen», erläutert Sophie Hoehn. Drittens verringere eine freie 30-km/h-Zone «sportliche» oder «aggressive» Beschleunigungsvorgänge, die eine Lärmzunahme bewirken. Sophie Hoehn ist deshalb überzeugt, dass Tempo 30 in der Schweiz auch als Lärmschutzmassnahme zunehmend akzeptiert wird.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-4-12](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-4-12)

*Sophie Hoehn | Sektionschefin Strassenlärm | BAFU*  
[sophie.hoehn@bafu.admin.ch](mailto:sophie.hoehn@bafu.admin.ch)

Störfallvorsorge bei Chlorgastransporten

## Mehr Sicherheit auf der Schiene

Für die chemische Industrie ist Chlor als Produktionsmittel unerlässlich. Sein Transport geht aber mit Risiken einher. Um die Gefahren zu bannen, haben die chemische Industrie, Transportunternehmen und Bundesämter unter Leitung des BAFU gemeinsam Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit auf der Schiene festgelegt. **Text: Lucienne Rey**

Ein Fussbodenbelag in Buchenoptik, eine Langspielplatte der Beatles von 1969 und Abwasserrohre aus Plastik haben auf den ersten Blick nicht viel gemeinsam. Und doch sind sie aus dem gleichen Material gefertigt – dem Kunststoff Polyvinylchlorid (PVC). Dieser ist äusserst vielfältig, zumal er dank Weichmachern seine Sprödigkeit verliert und von der dünnen Folie über das biegsame Rohr bis zur soliden Platte praktisch jede Form und Festigkeit annehmen kann.

**Sonderzüge werden eingesetzt, Transportwege verkürzt und weniger Agglomerationen durchfahren.**

Für seine Herstellung braucht es – wie schon der Name verrät – auch Chlor ( $\text{Cl}_2$ ). Dieses Molekül wird zur Produktion von zahlreichen Gütern benötigt, doch Vinylchlorid, das Ausgangsmaterial für PVC, macht den grössten Teil der chlorhaltigen Erzeugnisse aus. «Chlor ist Teil unseres modernen Lebensstils», bestätigt denn auch Barbora Neveršil, Informationsbeauftragte beim Mediendienst

des BAFU. Ausser in der Kunststoffproduktion wird Chlor auch beim Bleichen – etwa von Zellulose zur Papierherstellung –, als Bestandteil von Pflanzenspritzmitteln oder in der Wasseraufbereitung und Desinfektion eingesetzt.

### Besorgte Bevölkerung

Unter Normalbedingungen – das heisst bei Temperaturen um den Gefrierpunkt und unter Luftdruck auf Meereshöhe – ist Chlor gasförmig. Von allen nichtmetallischen Elementen gehört es zu den reaktionsfähigsten und ist damit ausgesprochen giftig: Es reagiert mit menschlichem, tierischem und pflanzlichem Gewebe und zerstört es. Schon in Konzentrationen ab einem halben Prozent verätzt das stechend riechende Gas Hals und Lunge. Träte es nach einem Unfall aus einem beschädigten Behälter aus, würde es sich dem Boden entlang ausbreiten, weil es schwerer ist als Luft. Chlor kostet vergleichsweise wenig. Daher passt seine Herstellung schlecht ins Portfolio von Schweizer Betrieben, die auf eine hohe Wertschöpfung ausgerichtet sind. Die beiden Schweizer Firmen, die am stärksten auf importiertes Chlor setzen, befinden sich im Wallis und kaufen die heikle Substanz hauptsächlich in Frankreich ein. Der

Transportweg via Genf und Lausanne führt durch dicht besiedelte Gebiete, wo bodennahe Gaswolken bei einem Störfall bis weit in Wohnquartiere vordringen könnten. Kein Wunder, dass unter der Bevölkerung Besorgnis aufkommt und sich Widerstand regt: «Vor einigen Jahren schlug das Thema hohe Wellen», erinnert sich Daniel Bonomi von der Sektion Erdbeben- und Störfallvorsorge des BAFU. So kursierten insbesondere in der Westschweiz Karten, die aufzeigten, wo sich überall Chlorgaswolken ausbreiten könnten.

Der Kanton Genf blieb nicht untätig. Im Februar 2015 reichte er der Bundesversammlung eine Standesinitiative ein, die auf den Stopp der Chlortransporte abzielte. Die Behörden argumentierten, die entsprechenden Eisenbahntransporte in der Region hätten sich innerhalb von 10 Jahren verdoppelt. Angesichts des Risikos dieser Fuhren müsse man entlang der Bahnstrecke den Bau neuer Wohnungen begrenzen – und dies in Zeiten akuten Wohnraum Mangels in Genf.

### Um Lösungen ringen

Der Initiative leisteten weder Ständenoch Nationalrat Folge. Die Zurückhaltung der Politik ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, dass sich die



Für Chlorgastransporte kommen entsprechende Sicherheitswagen zum Einsatz.

Bild: zVg

massgeblichen Akteure selbst ins Zeug legten, um die Risiken zu mindern. Mit von der Partie waren scienceindustries – der Schweizer Wirtschaftsverband Chemie Pharma Life Sciences –, die SBB als hauptsächlich beteiligtes Transportunternehmen, der Verband der verladenden Wirtschaft (VAP) sowie das Bundesamt für Verkehr (BAV) und das BAFU. Sie unterzeichneten im September 2016 die «Gemeinsame Erklärung II über die Reduktion der Risiken für die Bevölkerung infolge des Transports von Chlor in Kesselwagen» – kurz GE II.

Die GE II folgte auf eine erste «Gemeinsame Erklärung», die das Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), die SBB und die Vorgängerorganisation von scienceindustries bereits im Jahr 2002

verabschiedet hatten. Dank den damals vereinbarten Massnahmen, die etwa eine Optimierung der Transportwege und die Verbesserung der Kesselwagen – unter anderem mit Entgleisungsdetektoren – umfassten, konnte das BAV als zuständige Aufsichtsbehörde für den Gefahrguttransport auf der Schiene im Jahr 2011 melden, es gebe nun keinerlei Bahnabschnitte mit «untragbaren Personenrisiken» mehr. Dies im Unterschied zum Jahr 2004, als eine erste Überprüfung der Gefahrgutrisiken des Schienennetzes mehreren Streckenabschnitten von insgesamt 34 Kilometern aufgrund der Chlortransporte ein «nicht tragbares Risiko» bescheinigt hatte.

Die GE II geht nun noch einen entscheidenden Schritt weiter. «Die

betroffenen und verantwortlichen Behörden, Organisationen und Betriebe haben sich zusammengesetzt, Risikoreduktionsziele definiert und entsprechende Massnahmen festgelegt», beschreibt Daniel Bonomi den vom BAFU geleiteten, aufwendigen Prozess.

### Neue Bezugsquellen und Fahrpläne

Die beiden wichtigsten Massnahmen, die man in der ersten Phase gemäss GE II bis zu Beginn des Jahres 2019 umgesetzt hat, betreffen die Transportstrecke des Chlors und das Fahrplanregime. Die Industrie hat sich bemüht, in Italien neue Bezugsquellen für Chlor zu finden. Einige Tausend Tonnen Chlor gelangen nun vom südlichen Nachbarland in die Schweiz, womit sich die Transportwege

verkürzen. Zudem müssen hier keine grösseren Agglomerationen durchquert werden.

Überdies verkehrt neu ein Sonderzug, der einmal pro Woche mit reduzierter Geschwindigkeit von 40 Stundenkilometern die Chlorwagen von Frankreich ins Wallis bringt. Diese beiden Massnahmen tragen am meisten dazu bei, das Unfallrisiko für Chlortransporte mit Bahnkesselwagen um den Faktor 10 zu senken.

Weitere Massnahmen sind in Umsetzung. Eine betrifft das verwendete Rollmaterial. Gemäss der GE II sollen für den Transport von Chlorgas nur noch die derzeit sichersten Kesselwagen zum Einsatz gelangen, deren Ausrüstung über den international verlangten Standard hinausgeht. Verglichen mit technisch weniger ausgereiften Modellen zeichnen sie sich beispielsweise durch optimierte Crashpuffer aus, die Energie absorbieren und damit die Struktur des Fahrzeugs vor allfälligen Deformationen schützen. Schliesslich verpflichtet sich die SBB, entlang der Strecken sämtliche Hindernisse zu beseitigen, die bei einer Entgleisung die Kesselwagenwand beschädigen könnten. Dies betrifft in erster Linie die sogenannten

Gleisversicherungen, das heisst die neben den Gleisen senkrecht einbetonierten Messschienen, die man heute nicht mehr benötigt. Die Nachbarländer sollen über die ergriffenen Vorkehrungen beim Umgang mit Chlor auf dem Laufenden gehalten werden. Und auch mit den kantonalen Behörden wird als vorsorgliche Massnahme die Einsatzplanung abgesprochen, um diese wo nötig ebenfalls zu optimieren.

### In der Nähe produzieren

Die oft geforderte Risikoreduktion durch den Bau einer Chlorproduktionsanlage in der Nähe der Verbraucher ist bis auf Weiteres keine Option. Diese Lösung ist für die betroffenen Betriebe unwirtschaftlich, weil importiertes Chlor wesentlich günstiger ist, und alternative Finanzierungsvarianten sind nicht gefunden worden. Die GE II sieht aber flankierende Massnahmen vor. Gemäss dem Verursacherprinzip sind die Ausgaben für die Sicherheitsmassnahmen gänzlich auf die Transportpreise abzuwälzen. Steigende Chlorpreise könnten die Motivation erhöhen, den benötigten Rohstoff vor Ort herzustellen. Da schliesslich auch der schönste Plan

nichts bringt, wenn seine Umsetzung nicht überprüft wird, postuliert die GE II zusätzlich ein Monitoring unter Federführung des BAFU, das mit der Aufsicht über den Vollzug der Störfallverordnung betraut ist. Die betroffenen Parteien kommen regelmässig zusammen, um die Fortschritte bei den vereinbarten Vorkehrungen zu erörtern und gegebenenfalls weitere Massnahmen aufzugleisen. Damit will man die Bedürfnisse der chemischen Industrie nach dem Rohstoff und das Sicherheitsinteresse der Bevölkerung mittelfristig unter einen Hut bringen.

*Link zum Artikel*  
[www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-13](http://www.bafu.admin.ch/magazin2019-2-13)

*Daniel Bonomi | Sektion Störfall- und Erdbebenvorsorge | BAFU*  
[daniel.bonomi@bafu.admin.ch](mailto:daniel.bonomi@bafu.admin.ch)

## Störfallverordnung setzt den Masstab

Die in der Gemeinsamen Erklärung II (GE II) von Wirtschaft, SBB und Behörden formulierten Massnahmen sind auf ein übergeordnetes Ziel ausgerichtet: Ab 2019 dürfen die Risiken für die Bevölkerung durch Chlortransporte auf der Schiene nicht mehr im inakzeptablen Bereich liegen. So verlangen es die speziell für diese Transporte verschärften Beurteilungskriterien. Bei der Risikobeurteilung wird die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses der Anzahl zu erwartender Todesopfer

gegenübergestellt. Je mehr Tote zu befürchten wären, desto seltener darf ein Ereignis eintreten. In Zahlen ausgedrückt, soll die Wahrscheinlichkeit, dass innerhalb eines Jahres ein Ereignis beispielsweise 100 Todesopfer fordert, unter 1 zu 100 Millionen betragen. Zum Vergleich: Dass jemand bei einer Ziehung des Schweizer Zahlenlottos den Hauptgewinn knackt, ist rund 500-mal wahrscheinlicher.

# Aus dem BAFU

## Luftreinhaltung: weitere Verminderung von Emissionen aus Gülle

Über 90 Prozent der schweizweiten Ammoniakemissionen stammen aus der Landwirtschaft, ein Grossteil davon wegen des Umgangs mit Gülle. Die Minderung dieser Emissionen ist ein wichtiges Ziel der Agrar- und Umweltpolitik, das nur mit weiteren Anstrengungen zur Emissionsreduktion erreicht werden kann. Der Bund hat deshalb zwei Massnahmen zur Vermeidung von Ammoniak- und Geruchsemissionen in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) in die Vernehmlassung geschickt: Zum einen sollen Güllelager dauerhaft abgedeckt werden, damit kein Ammoniak austreten kann. Zum anderen soll es künftig Vorschrift sein, Gülle – wo topografisch möglich – mit Schleppschlauchverteilern und nicht mehr mit Pralltellern auszubringen.

Diese einfach realisierbaren Massnahmen entsprechen dem Stand der Technik. Sie werden schon heute in vielen Landwirtschaftsbetrieben umgesetzt und haben sich bewährt. Schweizweit sind bereits ungefähr 90 Prozent der Güllelager abgedeckt, und über 40 Prozent der Gülle werden mittels

emissionsarmer Verfahren ausgebracht. Der Einsatz des Schleppschlauchverfahrens wird seit 2008 durch finanzielle Beiträge gefördert.

Mit dem verbreiteten Einsatz dieser Techniken soll die Verminderung der Emissionen von Ammoniak und Gerüchen fortgeführt werden. Einerseits können so Geruchsbelästigungen minimiert werden, die immer wieder zu Konflikten mit benachbarten Anwohnern führen. Andererseits sollen die negativen Auswirkungen auf empfindliche Ökosysteme und auf die Biodiversität weiter reduziert werden. Denn Ammoniak in der Luft führt aufgrund des Stickstoffeintrags zur Versauerung und Überdüngung von Wäldern, Trockenwiesen oder Hoch- und Flachmooren. Zudem bildet es zusammen mit anderen Luftschadstoffen sekundären Feinstaub.

Von März bis Juni 2019 wird die Vernehmlassung zur entsprechenden LRV-Revision durchgeführt. Die Umsetzung der Massnahmen ist ab 1. Januar 2022 vorgesehen.

### Impressum

Das Magazin «die umwelt | l'environnement» des BAFU erscheint viermal jährlich und kann kostenlos abonniert werden.

### Leserservice

[www.bafu.admin.ch/leserservice](http://www.bafu.admin.ch/leserservice) | Stämpfli AG, Abomarketing, Wölflistrasse 1, 3001 Bern | +41 31 300 64 64

### Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU). Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch), [info@bafu.admin.ch](mailto:info@bafu.admin.ch)

### Projektoberleitung

Marc Chardonens, Eliane Schmid

### Konzept, Redaktion, Produktion

Jean-Luc Brühlhart (Gesamtleitung), Robert Stark (Stellvertretung), Nicolas Gattlen und Anne Gabrielle Wüst Saucy (Dossier), Beat Jordi (Weitere Themen), Joël Käser und Joël Jakob (online), Tania Brasseur Wibaut (Kordinatorin Romandie), Valérie Fries (Redaktionssekretariat)

### Externe journalistische Mitarbeit

Andreas Bachmann, Peter Bader, Hansjakob Baumgartner, Nicolas Gattlen, Gregor Klaus, Kaspar Meuli, Lucienne Rey, Christian Schmidt, Mike Sommer; Jacqueline Dougoud (Lektorat, Korrektorat Dossier und 360° Einzelthemen), Chantal Frey (Lektorat, Korrektorat 360° Rendez-vous)

### Visuelle Umsetzung | Grafiken | Illustrationen

FRANZ&RENÉ AG | Bern

### Redaktion

[textatelier.ch](http://textatelier.ch) | Biel

### Redaktionsschluss

22. März 2019

### Redaktionsadresse

BAFU, Kommunikation, Redaktion «die umwelt», 3003 Bern, Tel. +41 58 463 03 34 | [magazin@bafu.admin.ch](mailto:magazin@bafu.admin.ch)

### Sprachen

Deutsch, Französisch;  
Italienisch (nur Dossier) ausschliesslich im Internet

### Online

Der Inhalt des Magazins (ohne Rubriken) ist abrufbar unter [www.bafu.admin.ch/magazin](http://www.bafu.admin.ch/magazin).

### Facebook

[facebook.com/UmweltMag](https://facebook.com/UmweltMag)

### Auflage dieser Ausgabe

40 200 Exemplare Deutsch | 15 100 Exemplare Französisch

### Papier

Refutura, rezykliert aus 100 % Altpapier, FSC-zertifiziert mit Blauem Engel, VOC-arm gedruckt

### Schlusskorrektur, Druck und Versand

Stämpfli AG | Bern

### Copyright

Nachdruck der Texte und Grafiken erwünscht, mit Quellenangabe und Belegexemplar an die Redaktion

ISSN 1424-7186

## Meine Natur



Bild: zVg

#bobmorlon, mit bürgerlichem Namen **Jean-Pierre Macherel**, ist Gemeindeangestellter in Morlon (FR). Seit jeher gehen ihm Leute, die ihren Müll einfach liegen lassen, auf den Wecker. An einem Junimorgen im Jahr 2016 wandte er sich erstmals vom Ufer des Lac de la Gruyère an die Öffentlichkeit. Seine Videobotschaft, in der er seinem Ärger freien Lauf liess, ging viral. Gute zwei Jahre und eine Reihe von Videos später hat sich doch einiges verändert: Beim morgendlichen Abfallsammeln füllt er nicht mehr einen Container von 800 Litern wie früher, sondern nur noch einen 20-Liter-Eimer.

*In jeder Ausgabe von «die umwelt» äussert sich in dieser Kolumne eine Persönlichkeit zum Thema «Meine Natur».*

Eines steht fest: Der Mensch hat das Recycling deutlich früher erfunden als den Müll. Das Fleisch der gejagten Beute wurde verzehrt, Felle und Knochen dienten als Kleidungsstücke und Werkzeuge. Diese «wiederverwerteten» Materialien bauten sich mehr oder weniger schnell komplett ab. Seither haben die moderne Chemie und Kunststoffe unser Leben von Grund auf verändert – und völlig neue Arten von Abfällen hervorgebracht.

Bis Ende der 1990er-Jahre wurden diese Abfälle grösstenteils vergraben. Niemand störte sich daran. Gigantische Müllhalden unter freiem Himmel waren so etwas wie Fast-Food-Restaurants für Tiere und fanden vor allem bei Vögeln regen Zuspruch.

40 Jahre und zahllose Studien später müssen wir uns eingestehen, dass die einst revolutionären Praktiken in Tat und Wahrheit ökologische Zeitbomben sind. Man denke nur an die Gewässerverschmutzung, an aussterbende Tierarten, an gesundheitliche Schäden usw.

Aber siehe da: Das kollektive Gedächtnis versagt, und niemand mag sich erinnern, wer die Abfälle verursacht und wer sie verscharrt hat! Deponien müssen saniert werden, Prozesse gegen Industriefirmen werden geführt, und manche Unternehmen werden sogar medial gelyncht. Das Trennen, Sammeln und Rezyklieren von Abfällen entwickelt sich zu einem lukrativen, aber äusserst anspruchsvollen Wirtschaftszweig. Was nicht wiederverwertet werden kann, wird Hightech-Öfen zugeführt und als Energierohstoff für die Wärme- und Stromerzeugung genutzt.

Immer mehr junge Menschen schreiben sich ökologische Anliegen auf die Fahne. Die ultra-vernetzte Welt von heute scheint den Umweltschützer in uns zu wecken. Jede und jeder möchte zum Wohl des Planeten beitragen. Das grösste Problem der Menschheit ist jedoch, dass Umweltschutz einen Effort verlangt, aber niemand seine Komfortzone verlassen mag.

Dabei gehen zuweilen ganz selbstverständliche Dinge vergessen. Um es auf den Punkt zu bringen: Wenn wir unseren Kindern nicht beibringen, «Guten Tag», «Bitte» und «Danke» zu sagen, wie können wir dann von ihnen erwarten, dass sie im Alltag ihren gesunden Menschenverstand walten lassen? Da könnte man doch gleich Weltmeisterschaften im Getränkedosen-aus-dem-fahrenden-Auto-Werfen, Zigarettensammel-in-den-Rinnstein-Schnippen oder Glasflaschen-auf-Picknickplätzen-Zertrümmern organisieren ...

Vielleicht schafft es ja die Figur #bobmorlon, eine Bewegung ins Leben zu rufen und in allen Städten und Dörfern, Schulen und öffentlichen Räumen Gleichgesinnte zu mobilisieren. Denn wie er so treffend sagt: Wir müssen nicht die Welt verändern, sondern unsere Gewohnheiten.



Bild: shutterstock

## Vorschau

Wie nachhaltig ist die Digitalisierung heute? Und führt die virtuelle Realität zur Entfremdung von der Natur? Das Dossier der Ausgabe 3|19 von «die umwelt» befasst sich mit der digitalen Transformation und beleuchtet umweltrelevante Entwicklungen wie «Big Data», «Smart Cities» oder «Sharing Economy», die von der neuen Technologie angestossen und ermöglicht werden. Digitalisierung bietet Chancen in den Bereichen Energie- und Ressourceneffizienz, sie birgt aber ebenso Risiken.

Ab Ende August 2019 führt das BAFU in Zusammenarbeit mit der Berner Fachhochschule BFH eine Online-Umfrage zu den möglichen Auswirkungen der Digitalisierung auf den Umweltbereich durch. Wer daran teilnehmen möchte, kann jetzt schon auf [www.bafu.admin.ch/umfrage-digital](http://www.bafu.admin.ch/umfrage-digital) seine E-Mail-Adresse hinterlassen. Danke für das Interesse.