

# oekoskop

ARZTINNEN  
UND ARZTE FÜR  
UMWELTSCHUTZ  
MEDECINS EN FAVEUR DE  
L'ENVIRONNEMENT  
MEDICI PER  
L'AMBIENTE

2/17

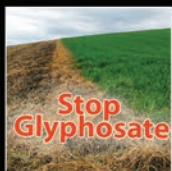


**Klimawandel**

## Hitzewellen, aggressive Pollen, fremde Mücken



**Treibhausgas CO<sub>2</sub>**  
Hauptquelle Strasse & die Mär von der Natur als <Senke>



**Glyphosat: Scheitert der Gesundheitsschutz?**  
Experte Christopher Portier übt scharfe Kritik

Editorial	3
«Die Zulassungsbehörden haben ihren Job nicht gemacht» Interview über «Glyphosat» mit PhD Christopher Portier, Thun und Seattle (USA)	4
Wie Treibhausgase unsere Umwelt verändern Dr. Cornelia Schwierz et al., MeteoSchweiz	8
Die theoretischen CO <sub>2</sub> -Emissionen des Strassenverkehrs Christian Bach, Empa Dübendorf	12
«Die asiatische Tigermücke kommt auf alten Pneus» Interview mit Dr. Pie Müller, Swiss TPH Basel	16
Aggressive Ambrosia-Pollen auf dem Vormarsch Dr. Michelle M. Epstein et al., ATOPICA.eu	19
Biologische Kohlenstoffspeicherung – Umsatz und Kapital nicht verwechseln Prof. Dr. Christian Körner, Basel	22
«Lonza-Gärten»: Flickwerk statt echte Sanierung? Martin Forter, AefU	26
Bestellen: Terminkärtchen und Rezeptblätter	27
Die Letzte	28

30. Juni 2017  
Titel-Bild: © PD

## AefU-Jahresbericht 2016

Die AefU befassten sich 2016 u. a. mit dem Notfallschutz bei einem schweren Atomunfall, gründeten ein Komitee für den Atomausstieg, liessen nicht locker bei den Quecksilbergärten im Wallis und verhinderten höhere Grenzwerte für Handystrahlen.

Details unter:

[www.aefu.ch/jahresbericht2016](http://www.aefu.ch/jahresbericht2016)

## Diesel-Petition



Spätestens seit dem Diesel-Skandal wissen wir: Dieselaautos stossen viel zu viel giftige Stickoxide aus (s. Beitrag S. 12 im Heft). Trotzdem sollen noch zwei Jahre lang Neuwagen verkauft werden, die den Grenzwert bis 18-fach überschreiten. Die Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU), der VCS Verkehrs-Club der Schweiz und die Fédération romande des Consommateurs FRC verlangen: Alle Neuwagen – alte wie neue Modelle – müssen ab September 2017 die verschärften Zulassungstests mit realistischen Strassenmessungen bestehen.

Sofort weniger Diesel-Abgase! **Unterzeichnen Sie die Petition: [www.aefu.ch/diesel](http://www.aefu.ch/diesel). Danke.**

# Liebe Leserin

# Lieber Leser

Als 149. Land hat die Schweiz am 7. Juni 2017 das Klimaschutzabkommen von Paris ratifiziert. Seither hüllt uns schon die zweite Hitzewelle in ihr Flimmern. Während dieses Heft entsteht, sind über 34° C angekündigt. In welche Hitze uns ein weiterer CO<sub>2</sub>-Anstieg führen wird, selbst wenn es gelingt, die globale Erwärmung unter 2° C zu halten, zeigt der Beitrag von MeteoSchweiz (Schwierz et al., S. 8).

Das sogenannte «2° C-Ziel» ist nur mit einer griffigen Klimapolitik erreichbar. Der Strassenverkehr als einer der grössten CO<sub>2</sub>-Emittenten muss einen dementsprechenden Beitrag leisten. Die Autoindustrie soll endlich CO<sub>2</sub>-arme Fahrzeuge entwickeln. Freiwillig lenkt sie nicht ein. Es braucht dringend strengere Zulassungsbestimmungen für Neuwagen (Beitrag Bach, S. 12). Die heutige Auto-(und erst recht die Flug-)Mobilität lässt sich allerdings kaum je klimaverträglich gestalten. Es braucht eine Rückeroberung der Fortbewegung durch unsere Füsse, Velos und den öffentlichen Verkehr.

Das CO<sub>2</sub> lässt sich nur reduzieren, indem wir deutlich weniger fossile Brenn- und Treibstoffe verbrennen. Das wollen viele noch immer nicht wahrhaben. Es sind verzweifelte Ideen und zuweilen absurde Projekte, die das CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre filtern und irgendwie einlagern wollen. Der Botaniker Prof. Christian Körner erklärt, warum nicht einmal die Wälder unser CO<sub>2</sub>-Problem schlucken werden (Beitrag S. 22).

Der Klimawandel wird wehtun. Dabei ist ein Stich der eingeschleppten Tigermücke noch harmlos, mindestens solange sie keine tropischen Krankheitserreger mit sich bringt. Biologe Pie Müller forscht zum Risiko von invasiven Stechmücken in einer wärmer werdenden Schweiz (Interview, S. 16).

Zu den ersten, die bei uns unter dem Klimawandel leiden, gehören Menschen mit Pollenallergien. Die verlängerte Pollensaison gilt auch für Ambrosia mit ihren besonders aggressiv wirkenden Pollen. Das EU-Projekt ATOPICA fand deutliche Zusammenhänge zwischen CO<sub>2</sub>-Konzentration und Pollenmenge sowie zwischen Ozon und Pollenallergenität (Beitrag Epstein et al., S. 19).

Am Anfang und am Schluss dieses Heftes geht es nicht ums Klima, sondern um Gift. Die EU ist drauf und dran, das Totalherbizid «Glyphosat» weitere zehn Jahre zuzulassen. Der Experte Christopher Portier zeigt auf die Fehler, welche den EU-Behörden bei der Krebsbewertung dieses weltweiten «Unkraut»vertilgers «unterlaufen» (Interview, S. 4). Die AefU verfolgen seit 2014 die Quecksilberschmutzung des Pharmariesen Lonza im Wallis. Jetzt sieht es so aus, als wolle der Weltkonzern sein Gift nicht wirklich aufräumen (Beitrag Forter, S. 26).

Gerne weisen wir Sie auf zwei weitere AefU-Engagements hin. Bitte unterschreiben Sie die Diesel-Petition (S. 2). Ausserdem hat die Mitgliederversammlung der AefU am 8. Juni 2017 einstimmig beschlossen, die Eidgenössische Volksinitiative «Für eine Schweiz ohne synthetische Pestizide» mitzutragen. Mehr dazu im nächsten OEKOSKOP oder jetzt schon unter [www.future3.ch](http://www.future3.ch), wo Sie auch den Unterschriftenbogen finden.

Ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre und lassen Sie (auch) diesen Sommer nur die Gedanken fliegen. Das hilft, die Hitzewellen flach zu halten. Zum besonders klimaschädlichen Flugverkehr erscheint ein späteres Heft.



Stephanie Fuchs, Redaktorin



<https://www.facebook.com/aefu.ch>



[https://twitter.com/aefu\\_ch](https://twitter.com/aefu_ch) > @aefu\_ch



# «Die Zulassungsbehörden haben ihren Job nicht gemacht»

Interview\*: Martin Forter und  
Stephanie Fuchs, AefU

Die EU will das umstrittene <Glyphosat> weitere zehn Jahre zulassen. Christopher Portier war Experte bei der Internationalen Krebsagentur. Er warnt vor aufgeweichten Kriterien bei der Krebs-Evaluation.

Die Internationale Agentur für Krebsforschung IARC<sup>2</sup> kategorisierte 2015 das weltweit am häufigsten verwendete Unkrautbekämpfungsmittel <Glyphosat> als <wahrscheinlich krebserregend> und allenfalls als erbgutschädigend. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA<sup>3</sup> hat daraufhin eine Überprüfung durch das deutsche Bundesinstitut für Risikobewertung BfR<sup>4</sup> und die europäische Chemikalienagentur ECHA<sup>5</sup> veranlasst. Diese sehen <Glyphosat> jedoch als unproblematisch, so auch der Schweizer Bundesrat. Die behördliche Überprüfung aber weist gemäss dem Mathematiker und Biostatistiker Christopher Portier und weiteren 93 WissenschaftlerInnen schwere wissenschaftliche Mängel auf.<sup>6</sup>



**OEKOSKOP:** Christopher Portier, Sie tragen den Entscheid der IARC, <Glyphosat> sei als <wahrscheinlich krebserregend> einzustufen, mit und kritisieren die gegenteilige Einschätzung durch die EFSA und die ECHA scharf. Weshalb sollten wir der IARC mehr vertrauen als den europäischen Behörden?

**Christopher Portier:** Es gibt ein paar grundsätzliche Unterschiede, wie die IARC bzw. die EFSA und die ECHA zu ihren Einschätzungen kommen. Die IARC verwendet ausschliesslich öffentlich verfügbare Studiendaten. Denn sie

überprüft auch die Rohdaten der Studien, um sicher zu gehen, dass alle Angaben und Zahlen richtig sind. Viele der Tierkrebs- und Genotoxizitäts<sup>7</sup>-Studien sind jedoch im Besitz der Industrie. Sie sind weder für die IARC noch für sonst jemanden öffentlich einsehbar.

Es scheint, dass die EFSA und die ECHA die Rohdaten nicht überprüfen. Wenn sie nur die Berichte überprüfen, die ihnen die Industrie einreicht, so kann es sein, dass die Behörden wichtige Studienresultate übersehen.

*Woraus schliessen Sie, dass die Behörden das nicht tun?*

Die EFSA hat in ihrem Bericht zur Glyphosat-Einschätzung acht positive Tumorbefunde in Tierstudien übersehen. Das BfR lieferte

\* Das Interview fand am 30. Mai 2017 in Thun statt.

<sup>1</sup> Der Umweltverteidigungsfonds ist eine US-amerikanische Umweltschutzorganisation. Sie war in den USA beteiligt am DDT-Verbot, der Einführung des bleifreien Benzins und dem Verbot der FCKW, die die Ozonschicht zerstören.

<sup>2</sup> Die <International Agency for Research on Cancer> IARC gehört zur Weltgesundheitsorganisation WHO.

<sup>3</sup> Die European Food Safety Authority EFSA dient der Politik u. a. bei der Zulassung wie z. B. Pestiziden und Lebensmittelzusatzstoffen.

<sup>4</sup> Im Rahmen des europäischen Lebensmittelsicherheitssystems arbeitet das BfR in den Bereichen der Risikobewertung und Risikokommunikation eng mit der EFSA zusammen ([www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de)).

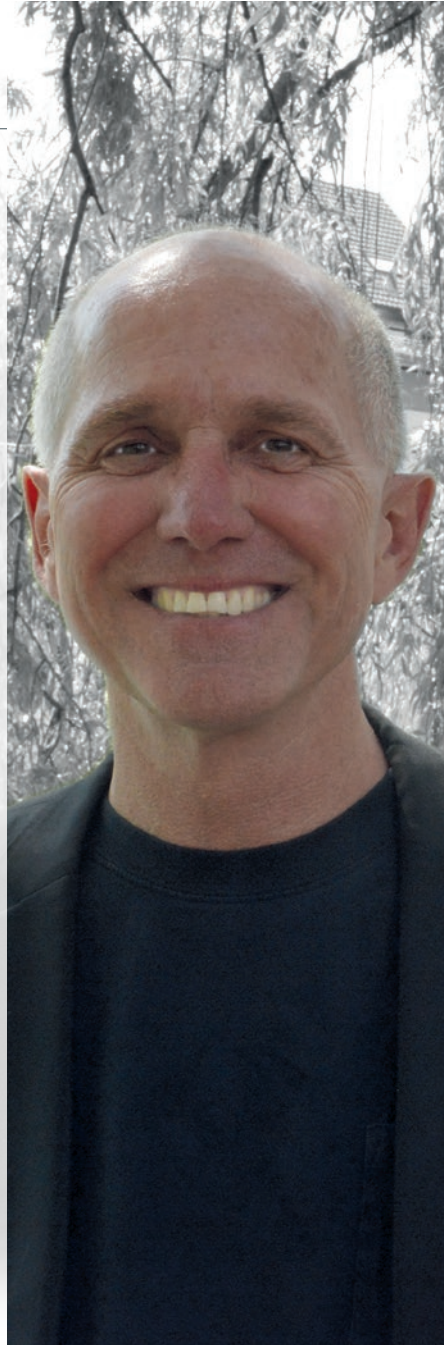
<sup>5</sup> Die *European Chemicals Agency* ECHA regelt die technischen, wissenschaftlichen und administrativen Aspekte bei der Registrierung, Bewertung und Zulassung von Chemikalien.

<sup>6</sup> Christopher Portier et al.: Differences in the carcinogenic evaluation of glyphosate between the International Agency for Research on Cancer (IARC) and the European Food Safety Authority (EFSA), *J Epidemiol Community Health Month*, JECH Online First, published on March 3, 2016 as 10.1136/jech-2015-207005.

<sup>7</sup> Chemische Stoffe werden als genotoxisch bezeichnet, wenn sie das genetische Material von Zellen verändern.

<sup>8</sup> Email von Bundesrat Schneider-Ammann vom 22.05.2017 als Antwort auf ein Schreiben von Bernadette Scherrer (Genkritisches Forum GenAu) und Dr. med. Peter Kälin (AefU) betreffend «Unzulässige öko-Fördergelder für Glyphosat».





die Grundlage für diesen EFSA-Bericht. Die entsprechende Kritik von zahlreichen Wissenschaftlern haben BfR-Mitarbeitende bestätigt. Wäre ich Chef des BfR, würde ich mich unter diesen Umständen sofort fragen: Haben wir noch andere Tumore übersehen? An diesem Punkt liesse ich das gesamte Datenmaterial durch meine Mitarbeitenden nochmals evaluieren und jeden Tumor-Typ auf seine statistische Signifikanz hin neu bewerten. Das ist die einfachste und offensichtlichste Sache, die sie in einer Krebs-Evaluation tun können. Trotzdem hat dies das BfR nicht getan.

*Warum überprüfen EFSA und ECHA nicht genauer?*

Ich kann nicht für sie sprechen, aber ich kann von meiner Funktion innerhalb einer Regulierungsbehörde berichten. Nicht nur beim BfR, der EFSA und der ECHA sind alle mit Arbeit überlastet. Zudem stehen die Behörden unter Druck, sehr schnell Resultate zu liefern. Denn wird Glyphosat über längere Zeit nicht genehmigt oder verliert Monsanto gar die Zulassung in Europa, entgeht dem Konzern viel Geld. Die Behörden stehen also unter starkem Druck und haben keine Zeit.

*Welche weiteren Unterschiede sehen Sie zwischen IARC und EFSA/ECHA?*

Die Regeln, nach welchen sowohl IARC wie auch EFSA und ECHA arbeiten, um die wissenschaftliche Evidenz für Krebs zu evaluieren, sind identisch. Also sollte man meinen, dass auch die Schlüsse, die gezogen werden, identisch sind. Dem ist aber nicht so. Die IARC fand bei der Überprüfung einer epidemiologischen Studie einen plausiblen Zusammenhang zwischen der Glyphosat-Exposition und Non-Hodgkin-Lymphom-Erkrankungen. Deshalb kam die IARC zum Schluss, dass eine limitierte Evidenz für Krebserkrankungen beim Menschen besteht. EFSA und ECHA hingegen wiesen dem Befund eine «sehr limitierte Evidenz»

zu. Das ist eine Kategorie, die es offiziell gar nicht gibt. Es ist nicht nachvollziehbar, was sie damit meinen.

*Die Gegenseite wirft der IARC genauso vor, sie würde unwissenschaftlich arbeiten: Nicht nur EFSA und ECHA. Auch die US-amerikanische Umweltbehörde EPA und andere Behörden sagen, bei Glyphosat liege die IARC falsch.*

Wenn zwei positive Tierstudien vorliegen muss die Evidenz als ausreichend kategorisiert werden. Beim Glyphosat fand die IARC vier Tierstudien mit positivem Krebsbefund. Es gab keinen Grund, sie anzuzweifeln. Die Befunde waren plausibel und statistisch signifikant gegenüber den Kontrollgruppen. Die Behörden hingegen gaben immer wieder andere Gründe an, weshalb die Befunde dennoch nicht taugen würden.

*Bundesrat Josef Schneider-Anman schrieb uns kürzlich: «Die Schlussfolgerungen der IARC basieren nicht auf neuen Studien, sondern auf einer anderen Beurteilungsmethode, welche die Exposition, d.h. die Menge und Dosis der ein Anwender und/oder Konsument ausgesetzt ist,*

**Christopher Portier (PhD)** ist Mathematiker und Biostatistiker. Er war 2010–2013 Direktor des «US National Center for Environmental Health, Centers for Disease Control and Prevention» und der «US Agency for Toxic Substances and Disease Registry». 2006–2009 amtierte er als stellvertretender Direktor beim «National Institute of Environmental Health Sciences» und als Direktor dessen «Office of Risk Assessment Research». 2000–2006 war Portier stellvertretender Direktor des «US National Toxicology Program». Er ist Mitglied der «American Statistical Association» in Washington DC und des «International Statistics Institute» in Belgien. Er war für die IARC bei verschiedenen

Krebs-Evaluationen beteiligt, so auch bei der Glyphosat-Überprüfung. Damals war er bereits für den «Environmental Defense Fund»<sup>1</sup> tätig. Um Interessenkonflikte auszuschliessen, durfte er nur sein Expertenwissen zur Verfügung stellen und hatte kein Stimmrecht. Er schrieb weder Evaluationen noch war er bei der finalen Beurteilung zugelassen. Wegen massiven persönlichen Anfeindungen im Internet und teilweise der Medien nimmt er bei der IARC keine Funktion mehr wahr, um deren Arbeit vor solchen Angriffen zu schützen. Heute ist Portier selbstständiger Berater u. a. für Regierungsbehörden mehrerer Länder. Portier lebt in Thun und Seattle (USA).



*nicht berücksichtigt».<sup>8</sup> Was sagen Sie dazu?*

Das ist richtig. Ich kenne das Schweizer Gesetz nicht, aber in der EU ist es sehr klar: Das Dosis-Wirkung-Prinzip wird bei nicht genotoxischen Substanzen angewandt. Ist eine Substanz aber genotoxisch, dann spielt die Dosis der Exposition keine Rolle und die Substanz muss gemäss EU-Recht verboten werden. Deshalb ist die Aussage des Bundesrates zumindest bezüglich EU-Recht für Glyphosat kein statthaftes Argument.

Die meisten Behörden auf der Welt haben festgelegt: Ist eine Substanz genotoxisch und handelt es sich um ein Karzinogen, dann wird sie verboten.

*Ist Glyphosat genotoxisch?*

Wir wissen es nicht genau: Die Daten von 50 Prozent der Studien sprechen für eine Genotoxizität, 50 Prozent dagegen. Im Interesse der öffentlichen Gesundheit sollten wir Glyphosat deshalb meiner Meinung nach als genotoxisch klassieren.

*Die Zulassungsbehörden wurden in den 1970er-Jahren aufgebaut, um einen zweiten <Fall DDT> zu verhindern. Mit Blick auf die Pestizide Glyphosat, Triclosan oder die Neonicotinoide: Wurde dieses Ziel erreicht?*

Das ist schwer zu beantworten. Seitdem chemische Substanzen verboten wurden, wissen wir nicht, ob wir damit tatsächlich präventiv Krebsfälle verhindert haben. Aber ganz klar, seit DDT haben wir Fehler gemacht. Viele Substanzen haben wir falsch angegangen; z. B. Blei im Benzin, es dauerte lange, bis es verboten wurde. Es hiess zwar, Blei ist ein Problem, aber nur ein Kleines. Dann zeigten Studien, dass das Problem doch grösser sein könnte...

*...ist das nicht immer so?*

Es ist oft so, dass die Behörden bei einer Substanz einen Grenzwert festlegen, um später festzustellen, dass dieser zu hoch war. Sie senken ihn, um danach erneut zu bemerken, dass er noch immer zu hoch

ist. So wiederholte es sich bei zahlreichen Substanzen, etwa bei den Dioxinen, den Dibenzofuranen, den PCBs und auch bei den bromierten Brandschutzchemikalien.

Anders aber scheint es bei den klassischen Pestiziden abzulaufen. Sind sie einmal zugelassen, so verfolgt kaum jemand mehr ihre gesundheitlichen Konsequenzen. Wer geht der Frage nach, ob zugelassene Pestizide Krebs auslösen oder nicht? Beim Glyphosat stammen einige der Studien, die wir überprüft haben, aus dem Jahre 1981. Darin tauchen Tumore auf, obwohl meist nur rund 200 Menschen berücksichtigt wurden. Während 36 Jahren will weltweit keine Zulassungsbehörde diese Tumor-Befunde erkannt haben, obwohl die Literatur nur neun Studien zum Krebsrisiko durch Glyphosat beim Menschen umfasst. Stellen Sie sich vor, schon 1981 hätte jemand dieses Versehen entdeckt und es korrigiert. Das hätte wohl zu einer geringeren Akzeptanz von Glyphosat geführt.

*Nehmen wir die grosse US-Umweltbehörde EPA: Warum hat sie diese Tumore nicht erkannt?*

Das überraschte mich auch. Die EPA betont, sie würde Pestizide ständig reevaluiieren. Dasselbe sagt die EFSA. Offensichtlich tun sie es nicht richtig. Bei richtigem Vorgehen sind diese Tumor-Befunde schwerlich zu übersehen.

*Heute stehen wir auch vor dem Problem der neuartigen Neonicotinoide, also Insektiziden, die systemisch in die Pflanzen eindringen. Waren sich die Behörden der neuen Dimension bewusst, als sie diese neue Art von Pestiziden zuliessen?*

Früher wurde das sehr giftige Nikotin als Insektizid verwendet. Die Neonicotinoide sind viel weniger giftig, bestanden die Tests und wurden zugelassen. Der Zulassungsprozess war aber nicht speziell an die neuen Substanzen angepasst worden. Inzwischen wissen wir, dass Neonicotinoide ökotoxikologisch ein Problem sind. Ich bin überzeugt, dass die Evidenz gegeben ist,







dass sie Bienen töten. Ich denke, sie werden verboten und durch ein neues Produkt ersetzt, welches dann möglicherweise wiederum problematisch ist.

*Die Bienen starben schon in den 1940er-Jahren durch DDT und danach bei allen neuen Insektiziden, die auf den Markt kamen. Die Bienenverträglichkeit müsste doch zumindest heute getestet werden...*

...das gehört in den USA auch heute nicht zum Zulassungsprozedere.

*Warum nicht?*

Das ist eine sehr gute Frage, die Sie den Zulassungsbehörden stellen sollten. In den USA werden Insektizide an Schmetterlingen getestet, nicht aber an Bienen, obwohl deren Biologie verschieden ist. Auch bei den Schmetterlingen ist die Beurteilung mehr als fragwürdig: Sterben 20 Prozent auf Grund eines Insektizids, gilt das als okay. Sterben über 20 Prozent, schauen sie genauer hin. Sind es mehr als 50 Prozent, wird die Substanz verboten.

*Wie sehe Sie die Zukunft von Glyphosat?*

Ich war lange Zeit in Zulassungsbehörden tätig und hatte die Möglichkeit, Substanzen zu verbieten. Darum antworte ich als Wissenschaftler und ehemaliger Funktionär: Die EFSA und die ECHA haben ihren Job nicht gemacht. Die Informationen, die sie den gesetzgebenden Politikern geliefert haben, sind wissenschaftlich nicht haltbar und qualitativ schlecht. Mir geht es nicht vordringlich darum, dass Glyphosat verboten wird. Mir geht es grundsätzlich um die wissenschaftliche Beurteilung des Krebspotentials von Substanzen. Dafür bestehen Regeln, welche die Behörden streng befolgen müssen. Das ist bei Glyphosat momentan nicht der Fall. Folgen die Politiker der Empfehlung ihrer Behörden, wird beim Glyphosat der öffentliche Gesundheitsschutz scheitern. Deshalb habe ich den EU-Kommissionpräsidenten Jean-Claude Juncker in einem Brief auf die fehlerhaften Grundlagen aufmerksam gemacht, die er von seinen Behörden erhalten hat. ■

***Christopher Portier, wie müsste ein optimaler Zulassungsprozess für chemische Substanzen aussehen?***

Christopher Portier: 1. Zuerst sollten die Firmen ihre Unterlagen elektronisch einreichen müssen, damit die Daten nicht mehr mühsam digitalisiert werden müssen, um sie zu prüfen. Das erschwert die Arbeit der eh schon überlasteten Zulassungsbehörden.

2. Die Industrie sollte die Rohdaten ihrer Studien öffentlich zugänglich machen, damit alle die gleichen Überprüfungsmöglichkeiten haben. Alle positiven und negativen Befunde sollten aufgelistet werden, damit eine schnelle Reevaluation möglich ist.

3. Der Zulassungsprozess müsste unabhängig sein. Heute bestimmt die Regierung, wer in der ECHA sitzt und wer den EFSA-Bericht evaluiert. Es fehlt eine unabhängige Institution wie z. B. das wissenschaftliche Beratungsgremium der EPA zur Evaluation von Pestiziden. Sie wählen Wissenschaftler, die dafür qualifiziert sind und aus Universitäten und Institutionen stammen, die nichts mit der Zulassung zu tun haben. Das ist ein relativ unabhängiger Vorgang, wenn auch die Regierung am Ende aus den Nominierten auswählt.

4. Es braucht strenge Gesetze über mögliche Interessenkonflikte. Die fehlen z. B. in der EU weitgehend. Es müsste u. a. definiert sein, was ein Interessenkonflikt ist.

# Wie Treibhausgase unsere Umwelt verändern

Dr. Cornelia Schwierz, Dr. Simon Scherrer  
und Dr. Mischa Croci-Maspoli,  
Bundesamt für Meteorologie  
und Klimatologie, MeteoSchweiz

Mehr Hitzetage und Tropennächte sowie der Rückgang von Frosttagen und Gletschern zeigen uns: Die Klimaerwärmung ist längst in der Schweiz angekommen. Und dies deutlicher als im weltweiten Mittel.

Unsere Erde hat sich in den letzten Jahrzehnten aussergewöhnlich erwärmt (Abb. 1), jedes Jahr bricht weitere Rekorde. So waren die Jahre 2016 und 2015 die weltweit deutlich wärmsten seit Messbeginn 1850. Grund für den langfristigen Erwärmungstrend ist der zunehmende Ausstoss von Treibhausgasen, vor allem aus fossilen Energieträgern. Der natürliche Treibhauseffekt beruhte die letzten 800 000 Jahre auf einer CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre von etwa 280 ppm<sup>1</sup>. Die Konzentration stieg mit Beginn der Industrialisierung rasant an und lag im Jahr 2016 bei 404 ppm<sup>2</sup>, also rund 40 Prozent über dem vorindustriellen Wert. Auch natürliche Faktoren bewirken Schwankungen des Erdklimas: die Umlaufbahn der Erde, Vulkane, die Sonnenaktivität. Doch der Erwärmungstrend der letzten Dekaden ist aussergewöhnlich und nur mit den menschenverursachten Emissionen von Treibhausgasen erklärbar.

Weltweit tragen Tausende von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Auftrag der Vereinten Nationen ehrenamtlich den aktuellen Stand der Klimaforschung zusammen und bewerten anhand anerkannter Veröffentlichungen den jeweils neuesten Kenntnisstand zum Klimawandel.

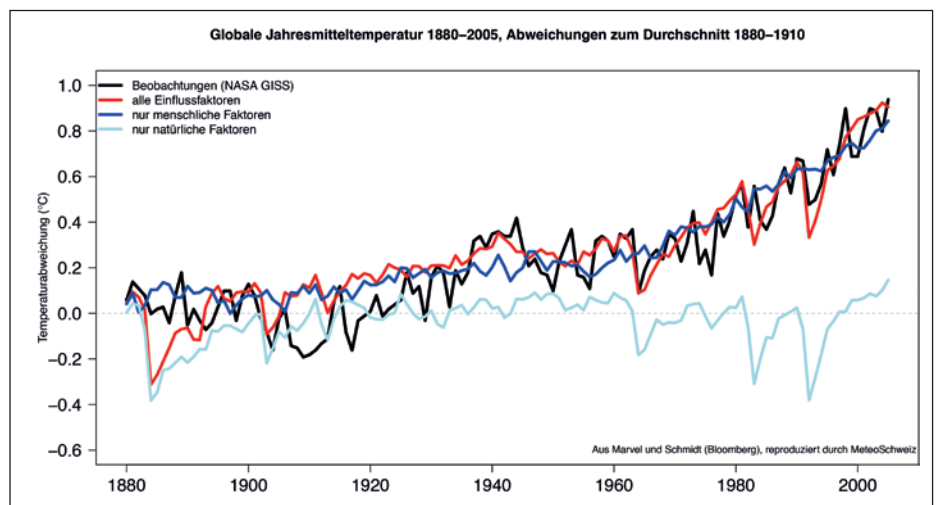


Abbildung 1: Globaltemperatur (schwarz) 1880-2005 und Einflussfaktoren auf die Temperaturentwicklung: natürliche Einflüsse (hellblau; Sonnenaktivität, Vulkane, Erdbahn), menschenverursachte Effekte (blau: Treibhausgase, Ozon, Abholzung, Aerosole), beide zusammen (rot).

Grafik aus Marvel und Schmidt (Bloomberg<sup>3</sup>), reproduziert von MeteoSchweiz

Etwa alle fünf Jahre wird jeweils ein Sachstandsbericht (IPCC-Bericht) publiziert. Der sechste (AR6) ist für 2021/2022 geplant.<sup>4</sup>

## Klimawandel in der Schweiz

Seit Beginn der Messungen in der Schweiz im Jahr 1864 ist die mittlere Temperatur um beinahe 2°C angestiegen (Abb. 2). Unter

den 20 wärmsten Jahren seit 1864 sind lediglich zwei aus der Zeit vor 1990. Die Auswirkungen auf verschiedene Sektoren wie beispielsweise Gesundheit, Landwirtschaft und Tourismus sind bereits spürbar. Am augenscheinlichsten erlebt man den Wandel in den Alpen angesichts der schwindenden Gletscher.

Anschaulich lässt sich die Klimaänderung durch sogenannte Indikatoren ausdrücken, z. B. Sommertage<sup>5</sup>, Hitzetage<sup>6</sup>, Tropennächte<sup>7</sup>, Frosttage<sup>8</sup>. MeteoSchweiz beobachtet und publiziert laufend die Entwicklung dieser Indikatoren.<sup>9</sup> Die regionalen und jahreszeitlichen Unterschiede können beträchtlich sein. Ausserdem zeigt sich eine markante Höhenabhängigkeit der Trends.

<sup>1</sup> Konzentrationseinheit, engl.: Parts per million, 10<sup>-6</sup> = 1 Teil pro Million = 0,0001 %

<sup>2</sup> Daten: [ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2\\_annmean\\_mlo.txt](ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_annmean_mlo.txt)

<sup>3</sup> <https://www.bloomberg.com/graphics/2015-whats-warming-the-world/>

<sup>4</sup> [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch), deutsch: [www.de-ipcc.de](http://www.de-ipcc.de)

<sup>5</sup> Sommertag: Maximumtemperatur beträgt 25°C oder mehr.

<sup>6</sup> Hitzetag: Maximumtemperatur beträgt 30°C oder mehr.

<sup>7</sup> Tropennacht: Minimumtemperatur beträgt 20°C oder wärmer.

<sup>8</sup> Frosttag: Minimumtemperatur beträgt weniger als 0°C.

<sup>9</sup> <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/gegenwart/klima-indikatoren.html>

<sup>10</sup> Vicedo-Cabrera A.M., Ragetti M.S., Schindler C., Röösli M. 2016: Excess mortality during the warm summer of 2015 in Switzerland. *Swiss Med Wkly*;146.



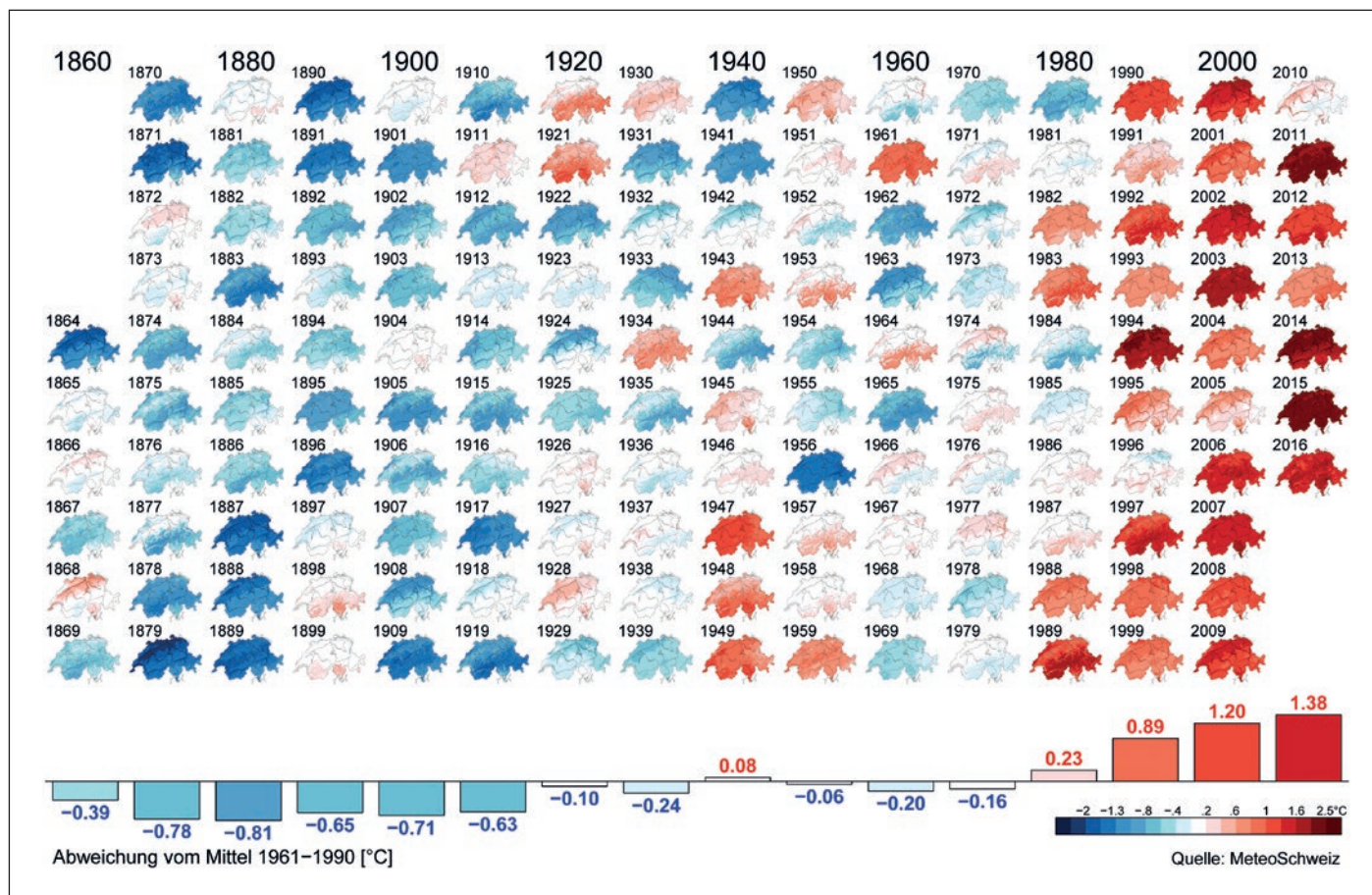


Abbildung 2: Änderung der Jahresmitteltemperatur in der Schweiz seit Beginn der Messungen 1864. Dargestellt sind die Abweichungen von einer Referenz-Periode (1961-1990).

Quelle: MeteoSchweiz

Wegen der kräftigen Wintererwärmung gingen in den ausgewählten Messreihen von Bern, Davos und Lugano die Anzahl Frosttage signifikant zurück. Pro Jahrzehnt werden hier rund vier bis sieben Frosttage weniger verzeichnet, in Lugano bedeutet dies eine Abnahme um 60 Prozent seit 1960. Auch die Sommer erwärmten sich seit den 1980er-Jahren markant. Eine Zunahme der Anzahl Sommertage vor allem in den tieferen Lagen der Schweiz war die Konsequenz.

Bei den Hitzetagen ist die Zunahme noch deutlicher. Während in den 1960er-Jahren durchschnittlich gerade mal 2–3 Tage pro Jahr 30 Grad und heisser waren, erleben wir dies heute im Mittel an 10 bis 20 Tagen jährlich. Bei anhaltender Hitze muss häufig mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen gerechnet werden, im Extremfall sogar mit erhöhter Sterblichkeit wie in den Hitzesommern der Jahre 2003 und 2015. MeteoSchweiz warnt daher Bevölkerung und Behörden vor der Ausbildung einer Hitze-

## Die <Hitzewelle-Massnahmen-Toolbox>

Das Schweizerische Tropen- und Public Health Institut (Swiss TPH) hat im Auftrag des Bundesamts für Gesundheit BAG eine <Toolbox> entwickelt, welche die Kantonsbehörden beim Umgang mit Hitzewellen unterstützt.

Das Jahr 2015 hat erneut gezeigt, dass extreme Hitzeperioden die Gesundheit ernsthaft gefährden. In der Schweiz starben während jenem Hitzesommer rund 800 Personen mehr als in einem normalen Jahr zu erwarten gewesen wären.<sup>18</sup> Die Prävention hitzebedingter gesundheitlicher Schäden und Todesfälle ist wichtig. Vor allem ältere Menschen, (chronisch) Kranke, Kleinkinder und Schwangere sowie Berufsleute, die draussen arbeiten, benötigen speziellen Schutz.

Mit Hilfe der Toolbox können die Kantone einen Hitzeaktionsplan erstellen, wie ihn erst wenige haben (FR, GE, NE, TI, VD, VS). Die

Prävention muss auf drei Ebenen greifen:

- Sensibilisierung & Schulung der Bevölkerung und der Akteure des Gesundheitssystems
- Management der Extremereignisse
- Langfristige Anpassung an die zunehmende Hitzebelastung

Die <Hitzewelle-Massnahmen-Toolbox>, Broschüren und ein Poster mit Verhaltensempfehlungen für Hitzetage (z. B. auch für Arztpraxen) sind verfügbar und kostenlos erhältlich unter [www.hitzewelle.ch](http://www.hitzewelle.ch).

### Kontakt

Dr. Martina Ragetti, Swiss TPH,  
[martina.ragetti@unibas.ch](mailto:martina.ragetti@unibas.ch)  
 Dr. Damiano Urbinello, BAG,  
[damiano.urbinello@bag.admin.ch](mailto:damiano.urbinello@bag.admin.ch)



Die Wetterextreme nehmen zu. Nicht nur die Hitze, auch der Regen schlägt über die Stränge.

© pixabay

## Literatur

BAFU 2013: Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2014–2019, Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates, Referenz/Aktenzeichen: M282-0556.

CH2011 (2011), Swiss Climate Change Scenarios CH2011, published by C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich, Switzerland, 88p, ISBN: 9783033030657.

CH2014-Impacts (2014), Toward Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland, published by OCCR, FOEN, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope, and ProClim, Bern, Switzerland, 136 pp.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin et al. (eds.)]. Cambridge University Press, <http://www.climatechange2013.org>

MeteoSchweiz, 2014: Klimaszenarien Schweiz – eine regionale Übersicht; Fachbericht Nr. 243.

MeteoSchweiz, 2016: Der Hitzesommer 2015 in der Schweiz; Fachbericht Nr. 260.

MeteoSchweiz, 2017: Klimareport 2016.

Scherrer S.C., E.M. Fischer, R. Posselt, M.A. Liniger, M. Croci-Maspoli, and R. Knutti (2016), Emerging trends in heavy precipitation and hot temperature extremes in Switzerland, *J. Geophys. Res. Atmos.*, doi:10.1002/2015JD024634.

SCNAT 2016: Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Akademien der Wissenschaften Schweiz (Eds.), Swiss Academies Reports 11 (5).

Zubler EM, Scherrer SC, Croci-Maspoli M, Liniger MA, Appenzeller C (2014) Key climate indices in Switzerland: expected changes in a future climate. *Climatic Change* 123: 255 – 271.

welle über das Naturgefahrenportal der Schweiz.<sup>10</sup> Während Hitzewellen kann der Temperatur-Unterschied zwischen einer Stadt wie Zürich und der kühleren Agglomeration 3–8 Grad betragen. Deshalb sind in Städten allenfalls bereits früher Verhaltensmassnahmen angezeigt. Die Hitze hat auch Auswirkungen auf das Wohlbefinden und die Produktivität der arbeitenden Bevölkerung. Dies wird aktuell in einem europäischen Forschungsprojekt<sup>11</sup> untersucht, an dem die EMPA<sup>12</sup> und MeteoSchweiz mit beteiligt sind. Es ist denkbar, dass die Ergebnisse zu einer Überarbeitung oder Erweiterung der Hitzewarnungen führen werden.

### Wasserhaushalt gerät aus dem Lot

Hitzewellen wirken auch auf den Wasserkreislauf: Trockenperioden können auftreten und die Effekte der Hitzewelle noch verstärken. Zudem beeinflusst die Klimaerwärmung die Vegetationsentwicklung. Insgesamt hat sich die Vegetationsperiode in der Schweiz seit den 1960er-Jahren durchschnittlich um rund drei Wochen verlängert. Pollenallergiker und –allergikerinnen bekommen dies zu spüren (vgl. auch Beitrag S. 19).<sup>13</sup>

Im Gegensatz zu den Temperaturtrends ist die Situation bei den Niederschlägen komplizierter. So haben die mittleren Winterniederschläge in den letzten 150 Jahren zugenommen. Im Sommer hingegen, lassen sich noch keine Änderungen nachweisen. Die Starkniederschläge zeigen bereits deutliche Anzeichen für Veränderungen: sie werden häufiger und intensiver. Im Mittel

<sup>10</sup> [www.naturgefahren.ch](http://www.naturgefahren.ch), welche zudem in die App der MeteoSchweiz integriert ist.

<sup>11</sup> <https://www.heat-shield.eu/> Projekt-Video (engl.): <https://www.youtube.com/watch?v=vY30ScpvW9g>

<sup>12</sup> Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA

<sup>13</sup> [www.meteoschweiz.ch/pollenkalender](http://www.meteoschweiz.ch/pollenkalender)

<sup>14</sup> [www.ch2011.ch](http://www.ch2011.ch)

<sup>15</sup> [www.ch2018.ch](http://www.ch2018.ch)

<sup>16</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/anpassung-an-den-klimawandel.html>

<sup>17</sup> National Center for Climate Services; [www.nccs.ch](http://www.nccs.ch)



nahm ihre Intensität seit 1901 um rund 12 Prozent zu.

### Ist die Schweiz ein Extremfall?

Die Schweiz hat sich in den letzten Jahrzehnten mehr als doppelt so stark erwärmt wie das globale Mittel (vgl. Abb. 3). Dafür gibt es verschiedene Gründe: Ozeane können sehr viel Wärme speichern und puffern dadurch die steigende Temperatur. Die Luft erwärmt sich über den Ozeanen weniger stark als über den meisten Landflächen. Zusätzlich ist die Erwärmung gegen die Pole hin grösser als um den Äquator. Das hat u.a. mit dem Rückgang der Schnee- und Eisbedeckung zu tun. Die frei werdenden Flächen sind dunkler, heizen sich stärker auf und verstärken dadurch den Temperaturtrend.

### Klimaszenarien für die Schweiz

Am 22. April 2016 wurde das Pariser Klimaschutzabkommen von 175 Ländern offiziell unterzeichnet. Es verpflichtete erstmals alle Staaten zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, um den globalen Temperaturanstieg auf maximal 2°C zu beschränken.

MeteoSchweiz erstellt zusammen mit Partnern seit gut 10 Jahren Klimaszenarien, also mögliche Entwicklungswege des zukünftigen Klimas in der Schweiz. Die

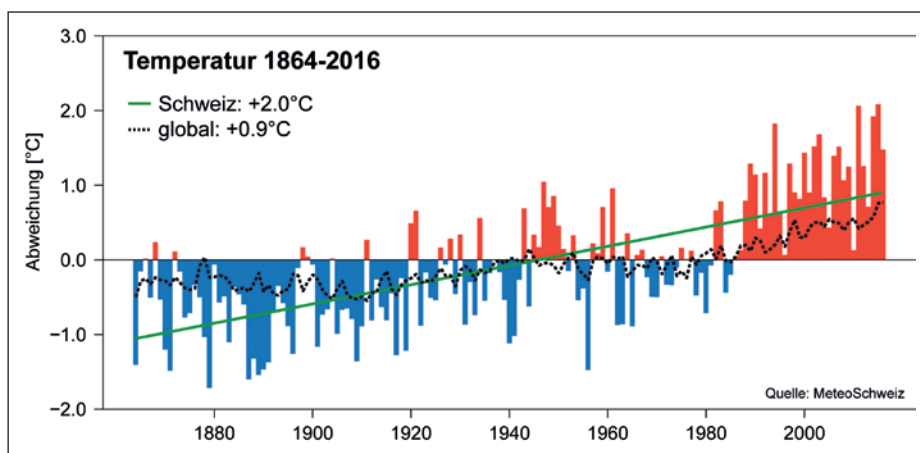


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der mittleren Temperaturabweichung (in °C) von der Norm 1961–1990 in der Schweiz und global. Die Schweizer Werte sind als farbige Balken dargestellt, die schwarze Kurve zeigt das 20-jährige gewichtete Mittel, die grüne Linie zeigt den Schweizer Trend. Die gepunktete schwarze Linie entspricht den ungewichteten globalen Werten. Quelle: MeteoSchweiz

Berechnung basiert auf international definierten Emissionspfaden für die globalen Treibhausgase. Beim einen Szenario geht man von einem ungebremsten CO<sub>2</sub>-Verbrauch aus (‹business as usual›), bei einem anderen setzt man eine starke Reduktion der globalen Treibhausgase voraus (‹2-Grad-Ziel›). Die aktuellen Szenarien stammen aus dem Jahr 2011.<sup>14</sup> Sie werden im Laufe des Jahres 2018 durch eine neue Generation von Klimaszenarien ersetzt.<sup>15</sup>

Je nach Szenario ergeben sich unterschiedlich starke Auswirkungen für die Schweiz (vgl. Tabelle 1). Es wird wärmer und die Sommer werden vermutlich trockener. Zudem muss die Schweiz mit veränderten Wetterextremen rechnen. Selbstverständlich sind die Auswirkungen regional differen-

ziert. Dies muss für konkrete Anpassungsmassnahmen berücksichtigt werden.

### Das Klima in unserer Hand

Wie stark sich das Klima verändern wird, haben wir selber in der Hand. Weil die globale Erderwärmung im besten Fall auf 1.5-2°C begrenzt werden kann, wird die Anpassung an die Auswirkungen immer wichtiger.<sup>16</sup> Darum hat der Bundesrat im Jahr 2012 eine Anpassungsstrategie an den Klimawandel verabschiedet sowie im Jahr 2014 den entsprechenden Aktionsplan. Die Anpassungsstrategie wird unter Federführung des BAFU koordiniert. Als weiterer wichtiger Baustein wurde das Netzwerk für Klimadienstleistungen (NCCS<sup>17</sup>) ins Leben gerufen, mit dem Ziel einheitliche und koordinierte Klima-Grundlagen und -Dienstleistungen auf Bundesebene bereitzustellen. Zudem soll der Dialog zwischen den Produzenten und Nutzern von Klimadienstleistungen gefördert werden – damit die Schweiz sich optimal auf den zukünftigen Wandel vorbereiten kann.

Dr. Cornelia Schwierz ist Physikerin und Leiterin Klimamonitoring beim Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz. Ihre Mitautoren sind Dr. Simon Scherrer, Fachverantwortlicher für Klimaentwicklung und Dr. Mischa Croci-Maspoli, Leiter der Abteilung Klima bei MeteoSchweiz.

	1960	Mittelwert 1981-2010	2085	
			THGE stark reduziert (2-Grad Ziel)	THGE Anstieg bis 2050 (‹business as usual›)
<b>Tropennächte</b>	0	1-2	<5	20
<b>Hitzetage</b>	2-3	10-15	<15-20	30-40
<b>Nullgradgrenze m.ü.M.</b>	600	900	<1200	1500
<b>Änderung Mitteltemperatur gegenüber vorindustrieller Zeit</b>			2.5–3.4°C	4.4–6.6°C

Tabelle 1: Ungefähre Anzahl der mittleren Tropennächte und Hitzetage im Mittelland sowie Höhe der Nullgradgrenze (in m.ü.M.) für die Jahre 1960, aktuell und 2085 bei einem Szenario gemäss Pariser Abkommen (grün), sowie bei einem Szenario mit Anstieg der Treibhausgasemissionen (THGE) bis 2050 (rot).

# Die theoretischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Strassenverkehrs

Christian Bach, Empa Dübendorf

Die heutigen Gesetzesvorgaben reichen bei Weitem nicht aus, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Strassenverkehrs so zu reduzieren, wie wir es mit dem Pariser Klimaschutzabkommen völkerrechtlich zugesagt haben.

Die beschlossene Energiestrategie 2050 und die CO<sub>2</sub>-Verpflichtungen aus dem Pariser Klimaschutzabkommen<sup>1</sup> legen zwei Ziele mit hoher Relevanz für den Energiebereich fest. Die Schweiz verbraucht heute 120 Terawattstunden<sup>2</sup> (TWh) aus Erdölprodukten, 60 TWh aus Elektrizität<sup>3</sup>, 30 TWh aus Erdgas, 15 TWh aus Kohle und 5 TWh aus zusätzlichen erneuerbaren Quellen<sup>4</sup>. Die Haushalte sind mit 28% und der Verkehr (Strasse und Bahn) mit 36% die wichtigsten Verbrauchergruppen. Die Haushalte konsumieren zu 35% erneuerbare Energie, der Verkehr hingegen rollt nur zu 3% erneuerbar. Der Löwenanteil stammt aus fossilen oder nuklearen Quellen.

## Pariser Abkommen verpflichtet den Verkehr

Der Ausstieg aus der Atomenergie tangiert hauptsächlich den Stromsektor, die CO<sub>2</sub>-Verpflichtung primär den Verkehrsbereich, die Industrie und Dienstleistungen. Die Schweiz muss bis 2035 gut 20 TWh an Atomenergie und bis 2030 rund 20 Millionen Tonnen (t) CO<sub>2</sub> einsparen oder durch nicht fossile Energie substituieren. Die Schlüsselworte dabei heissen «Verbrauchsreduktion», «intelligente

Systeme, konvergente Netze und Energiespeicher» sowie «erneuerbare Energie».

Was bedeutet nun das Pariser Abkommen für den Strassenverkehr? Die Schweiz muss die Klimagasemissionen bis 2030 um 50% reduzieren. 1990 gilt als Referenzjahr. Damals betrug die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Treibstoffen 15.5 Mio. t pro Jahr. Wendet man das Reduktionsziel an, müssten wir diese bis 2030 auf 7.8 Mio. t halbieren. Heute liegen sie bei 16.4 Mio. t. Es wäre also eine Reduktion von jährlich rund 9 Mio. t nötig.

## Gesetzesgrundlagen

Zwei gesetzliche Grundlagen sind für die CO<sub>2</sub>-Reduktion bei Fahrzeugen relevant. Einerseits die Kompensationsverpflichtung, wonach bis 2020 10% der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus fossilen Treibstoffen durch deren Importeure kompensiert werden müssen. Wird das so weitergeführt, ergibt dies eine CO<sub>2</sub>-Abnahme von 1.6 Mio. t. Andererseits die Zulassungsvorschriften für Neuwagen, die eine periodische Absenkung der CO<sub>2</sub>-Grenzwerte vorsehen. In der EU ist eine erste Absenkung von heute 130 auf 95 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer (g/km) per 2021 bereits beschlossen (in der Schweiz in der Vernehm-

lassung). Weitere Absenkungen auf 50 g/km bis 2030 sind in Diskussion.<sup>5</sup> Grenzwertüberschreitungen werden mit vergleichsweise hohen Bussen sanktioniert. Auf die Schweiz angewendet müsste ein Autoimporteur umgerechnet bis zu 350 CHF/t CO<sub>2</sub> pro verkauftes Fahrzeug bezahlen.

## Reduktionsbeitrag des Strassenverkehrs ist theoretisch

Personenwagen (PW) sind für rund 75% der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Strassenverkehr verantwortlich. Setzt man eine lineare Absenkung der Grenzwerte bei Neuwagen auf 50 g/km bis 2030 voraus, lässt sich folgende Reduktion abschätzen.

Werden 8% des PW-Bestandes jährlich durch Neuwagen ersetzt, ergibt sich eine rechnerische Reduktion von rund 4 Mio. t CO<sub>2</sub>. In der Realität sieht es allerdings weniger rosig aus. Der wachsende Zusatzverbrauch für Heizung, Klimaanlage und Entertainmentsysteme, wie auch die in der Realität höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zur Labormessung, sind nämlich nicht berücksichtigt. Ausserdem gilt für Plug-in-Hybridfahrzeuge eine äusserst wohlwollende CO<sub>2</sub>-Berechnungsmethode und auch die bei Elektrofahrzeugen an die Stromproduktion ausgelagerten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden aktuell nicht eingerechnet. Ebenso unberücksichtigt bleibt die Verkehrszunahme.

## Realistische Messvorschriften sind dringend

Weil die offiziellen CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht den effektiven Ausstoss wiedergeben, sind zurzeit kaum Aussagen zur Wirkung der Zulassungsbestimmungen möglich. Un-

<sup>1</sup> Die 21. UN-Klimakonferenz beschloss am 12.12.2015 das erste globale und rechtsverbindliche Klimaschutzabkommen: das Übereinkommen von Paris. Es verlangt die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C im Vergleich zu vorindustriellen Levels. Erreichbar ist das Ziel nur mit einer sehr konsequenten, sofortigen Klimaschutzpolitik. Die Schweiz hat das Abkommen am 07.06.2017 ratifiziert, sich also völkerrechtlich dazu verpflichtet.

<sup>2</sup> 1 TWh = 1 Billion (10<sup>12</sup>) Wattstunden (Wh) = 1 Milliarde Kilowattstunden (kWh)

<sup>3</sup> Atom- und Wasserkraft

<sup>4</sup> Photovoltaik- und Windkraft, Biogas, Biotreibstoffe

<sup>5</sup> Weil der CO<sub>2</sub>-Ausstoss an den Treibstoffverbrauch gekoppelt ist, bedeutet dies beim Benzin eine Reduktion von 5.6 Liter auf 2.2 Liter pro 100 km.

<sup>6</sup> Wörtlich: «vom Bohrloch bis zum Rad», Analyseverfahren, welche die gesamte Wirkkette für die Fortbewegung untersucht, von der Gewinnung und Bereitstellung der Antriebsenergie bis zur Umwandlung in kinetische Energie (Wikipedia).

<sup>7</sup> Der Verzicht auf Autokilometer, die effizienteste Sparmassnahme, muss über andere Instrumente beeinflusst werden.



*Bis 2015 hätten die Schweizer Autoimporteure die Emissionen der Neuwagen durchschnittlich auf 130 g CO<sub>2</sub> pro km senken sollen. Sie verfehlten das Ziel auch 2016. Ein Grund für die schleppende Absenkung sind die nicht weiter verschärften Vorgaben.*

© iStockphoto

terstützt vom Bundesamt für Energie BFE, arbeitet die Empa deshalb gemeinsam mit der ETH Zürich an einem neuen Ansatz zur Ermittlung des realen Treibstoffverbrauchs und der tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen. In Arbeit sind auch weiterentwickelte Simulationsmethoden, um die Wirksamkeit fahrzeugtechnischer Massnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion und deren Auswirkungen auf das Energiesystem genauer bewerten zu können.

Dabei wird berücksichtigt, dass Autos sehr unterschiedlich eingesetzt werden. In der Schweiz erbringen derzeit 30% der Personenwagen rund 70% der Fahrleistung. Steigen primär «Wenigfahrer» auf CO<sub>2</sub>-arme Fahrzeuge um oder führen CO<sub>2</sub>-arme Fahrzeuge zu einem Anstieg der Zweit- oder Drittfahrzeuge, bremst dies die effektive CO<sub>2</sub>-Reduktion zusätzlich.

Der PW-Bestand müsste also durch wesentlich mehr CO<sub>2</sub>-arme Fahrzeuge erneuert werden als es die aktuelle Methodik suggeriert.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Liefer- und Lastwagen sind in der Realität noch schwieriger reduzierbar. Bei ihnen lag der Fokus schon immer auf wirtschaftlicher Effizienz und somit optimiertem Verbrauch. Für Lastwagen gibt es heute nicht einmal einen CO<sub>2</sub>-Grenzwert, dieser wird erst nach 2020 wahrscheinlich.

### **Gesamte Energiekette bewerten**

Will man die zugesagten CO<sub>2</sub>-Ziele erreichen, sind weiterführende Massnahmen zwingend. Wir sollten z. B. den heute noch unberücksichtigten Energieverbrauch für den Fahrkomfort integrieren und die CO<sub>2</sub>-Bewertung auf die gesamte Energiekette (Well-to-Wheel<sup>6</sup>) ausweiten. Aus wissenschaftlicher Sicht ist dies ein längst fälliger Schritt.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Strassenverkehrs können technisch primär über den Einsatz erneuerbarer Energie gesenkt werden.<sup>7</sup> Man sollte daher auch die Fahrzeughersteller

stärker in die Pflicht nehmen, damit sie dafür sorgen, dass ihre Fahrzeuge mit erneuerbarer Energie betrieben werden.

**Woher die saubere Energie nehmen?**

Dabei stellt sich natürlich die Frage, woher die erneuerbare Energie für den Strassenbereich kommen soll, ohne sie bloss einem anderen Energiesektor wegzunehmen. Be-

trachtet man die Eigenheiten der erneuerbaren Energiequellen wie Photovoltaik (PV) oder Windkraft, sieht man, dass die Kombination der Strom- und Gasnetze neue CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale erschliessen kann. Die Mobilität könnte dabei eine entscheidende Rolle als «Möglich-Macher» («Enabler») spielen, wie folgendes Beispiel zeigt.

Das PV-Potenzial der Schweiz beträgt gemäss Meteotest/Swissolar zirka 30 TWh.<sup>8</sup>

Bei einem jährlichen Ertrag von 1000 kWh/kW<sub>peak</sub><sup>9</sup> resultiert eine installierte PV-Leistung von 30 Gigawatt (GW). Allerdings haben in der Schweiz im Sommer alle Stromverbraucher gesamthaft bloss einen Bedarf von 5–10 GW. Das bedeutet, dass nur ein relativ kleiner Teil des PV-Stroms im sommerlichen Strommarkt direkt nutzbar ist, selbst wenn alle anderen Stromerzeuger bei Sonnenschein auf ihre niedrigstmögliche Leistung zurückgefahren werden. Auch wenn man die PV-Anlagen mit Batterien koppelt, bleibt ein grosser Teil der PV-Leistung überschüssig.

Das bestätigen verschiedene Studien zum künftigen Schweizer Strommarkt. Das Szenario «Sun2035», das Swissgrid<sup>10</sup> in Zusammenarbeit mit der Umweltallianz entwickelt hat und das auf einem starken Ausbau von PV basiert, weist einen Überschuss im Sommerhalbjahr von fast 10 TWh aus, während es für den Winter eine Unterdeckung in ähn-

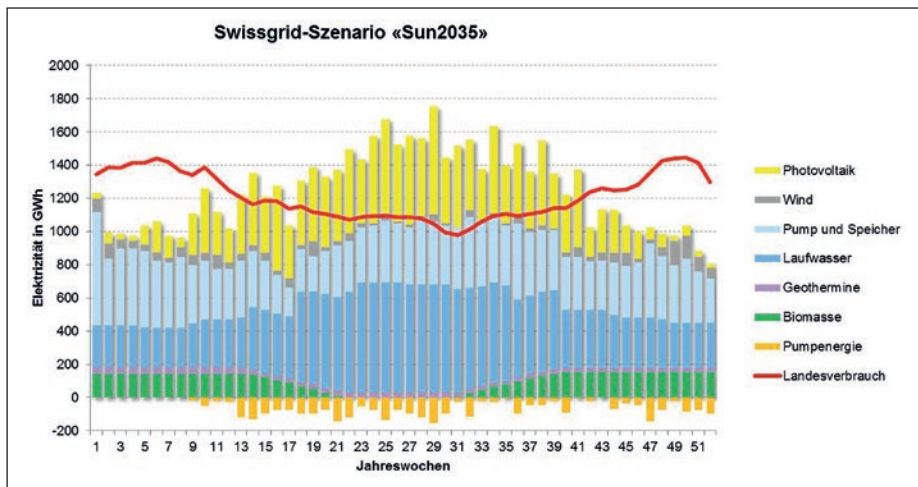


Abbildung 1: Szenario «Sun2035» von Swissgrid für den Strommarkt der Zukunft. Es zeigt den Stromüberschuss im Sommerhalbjahr durch die Photovoltaik-Anlagen (gelbe Balken über roter Linie) und das fehlende Stromangebot im Winter (weisse Fläche unter roter Linie).  
Quelle: Swissgrid<sup>11</sup>

<sup>8</sup> Solarpotenzial Schweiz - Solarwärme und PV auf Dächern und Fassaden; Meteotest/Swissolar 2017.

<sup>9</sup> Mit Kilowatt Peak kWpeak (kWp) bezeichnet man die von Solarmodulen abgegebene elektrische Leistung unter Standard-Testbedingungen.

<sup>10</sup> Die Swissgrid AG ist die nationale Betreiberin des Schweizer Stromnetzes. Sie untersteht der Aufsicht der Eidgenössischen Elektrizitätskommission ElCom.

<sup>11</sup> Swissgrid (2015): Bericht zum Strategischen Netz 2025.

**Der Diesel-Skandal**

Für die Automobilwirtschaft stellen Dieselfahrzeuge ein wichtiges Element zur Einhaltung der CO<sub>2</sub>-Grenzwerte dar. Dazu müssen sie aber sauber sein. Heute sind sie es nicht. Sie emittieren viel mehr Stickoxide (NO<sub>x</sub>) als bisher angenommen. NO<sub>x</sub> sind gesundheitsschädigend und fördern die Bildung des bodennahen Ozons.

Praktisch alle Diesel-Autos und -Lieferwagen stossen unter realen Strassenbedingungen viel mehr NO<sub>x</sub> aus, als auf dem Prüfstand. Die geltende Gesetzgebung ist allerdings schwammig formuliert. Deshalb

wird noch immer darüber gestritten, ob dabei «nur» verantwortungslose oder auch illegale Massnahmen eingesetzt wurden.

Die neue Abgasgesetzgebung verlangt zukünftig auch Messungen auf der Strasse. Die Empa unterstützt die Forderung u. a. der ÄrztInnen für Umweltschutz AefU, welche die sofortige Einführung dieser Strassenmessungen verlangt (vgl. S. 2).

**Manipulierte Abgasnachbehandlung bei Diesel-LKWs**

Bei Lastwagen werden die NO<sub>x</sub>-Emissionen schon länger auch auf der Strasse gemessen. Nicht zuletzt deshalb stossen sie effektiv

sehr wenig NO<sub>x</sub> aus. Möglich macht dies ein aufwändiges Abgasnachbehandlungssystem. Dabei wird eine wässrige Harnstofflösung mit dem Marktnamen «AdBlue» zudosiert, das parallel zum Diesel betankt werden kann. Entscheidend ist die korrekte AdBlue-Dosierung. Sie wird von einem Steuergerät überwacht.

Im Internet werden seit einiger Zeit Geräte angeboten, welche die AdBlue-Dosierung abstellen, dem Steuergerät aber ein funktionierendes System vorgaukeln. Damit spart sich der LKW-Betreiber die AdBlue-Kosten, macht aber die NO<sub>x</sub>-Reduktion zunichte. Die Schweiz verbietet solche sog. Emulatoren.





Abgas- und CO<sub>2</sub>-Messung eines Fahrzeugs im Labor. Die Ausrüstung für die Strassenmessung ist ebenfalls bereits montiert.

Umwandlung in Methan wird das «Power-to-Gas-Verfahren» für die Erzeugung von Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge ebenfalls bereits industriell eingesetzt. Mittelfristig könnte es in abgeänderter Form auch für flüssige Ersatztreibstoffe von Benzin und Diesel genutzt werden.

**Die EU ist der Schweiz voraus**

Im sogenannten «move», dem «Future Mobility Demonstrator» der Empa werden solche Überlegungen konkretisiert. Dabei zeigt sich, dass die Effizienz der Fahrzeuge und die Flexibilität beim Strombezug entscheidende Kriterien für die effektive CO<sub>2</sub>-Reduktion sind. Elektrofahrzeuge leisten einen Beitrag an die Effizienz. Gasfahrzeuge, die mit synthetischem Methan fahren sowie zukünftig auch Fahrzeuge auf Basis flüssiger synthetischer Treibstoffe sind demgegenüber flexibel beim Strombezug. Wasserstofffahrzeuge liegen bei beiden Kriterien im Mittelbereich. Das vielversprechendste Rezept besteht deshalb darin, den Zubau von PV-Anlagen und diese neuen Antriebskonzepte parallel auszubauen. Die Mitgliedstaaten der EU koordinieren ihre Ausbaupläne für Elektroladesäulen, Gas- und Wasserstofftankstellen bereits. Es wäre wünschenswert, dass die Schweiz den Anschluss hier nicht verpasst.

licher Größenordnung zeigt (vgl. Abb. 1). Swissgrid geht dabei von einer installierten PV-Leistung von 15.6 GW aus, also von gut 50% des PV-Potenzials gemäss Meteotest/Swissolar.

**Power-to-Gas**

Würde der sommerliche PV-Überschuss mittels sogenannter «Power-to-Gas»-Anlagen vollständig in synthetisches Methan umgewandelt und im Gasnetz gespeichert, könnten damit gegen 1 Million Gas-Hybridfahrzeuge, wie sie ab 2020 denkbar sind, ganzjährig betrieben und über 1 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Bei einer Ausnutzung des maximal möglichen PV-Potenzials, liesse sich die Anzahl so betriebener Fahrzeuge verdoppeln.

«Power-to-Gas»-Anlagen stellen synthetisches Methan her, indem sie Wasser mittels Elektrizität in Wasserstoff und Sauerstoff aufspalten und den Wasserstoff zusammen mit CO<sub>2</sub> in Methan umwandeln. Die Pflanzen machen etwas Ähnliches: Sie nutzen das Sonnenlicht primär im Sommer, wenn es im Überfluss anfällt, um Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten. Den Sauerstoff gibt die Pflanze an die Atemluft ab, den Wasserstoff wandelt sie mit CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre in Kohlenhydrate um. Wie die Fotosynthese haben auch «Power-to-Gas»-Anlagen keinen besonders guten Wirkungsgrad. Dieser liegt bei etwa 50%. Deshalb eignet sich dieses Verfahren ausschliesslich für Strom, der im Strommarkt sonst ungenutzt verpufft. Ohne die

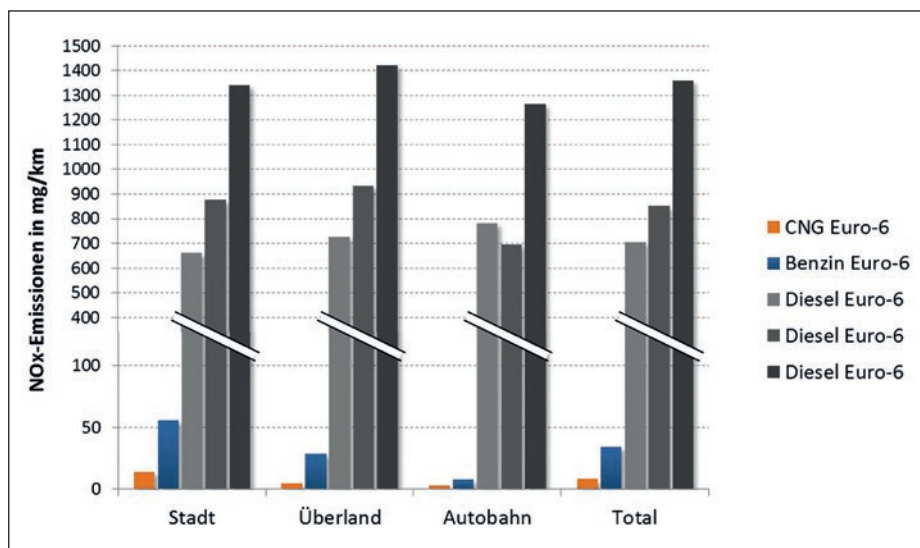


Abbildung 2: Auf der Strasse gemessene NOx-Emissionen von fünf Personenwagen mit verschiedenen Treibstoffen (CNG = Erdgas/Biogas), alle nach Euro-6b-Norm homologiert. Quelle: Empa

**Christian Bach** ist Automobil-Ingenieur und leitet die Abteilung Fahrzeugantriebssysteme der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa (Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology). Die Abteilung besteht aus den Forschungsgruppen Fahrzeugsysteme, Antriebssysteme, Abgasnachbehandlung und dem «Future Mobility Demonstrator» (vgl. Text). Christian Bach ist ein vielgefragter Experte im Zusammenhang mit dem Diesel-Skandal bei Personenwagen.

[christian.bach@empa.ch](mailto:christian.bach@empa.ch), [www.empa.ch](http://www.empa.ch)

# «Die asiatische Tigermücke kommt auf alten Pneus»

Interview: Stephanie Fuchs, AefU

Globaler Handel und Tourismus haben unliebsame Passagiere im Gepäck: invasive Mückenarten. Zugleich erwärmen wir mit dieser Mobilität das Klima. Die Mücken fühlen sich bei uns zunehmend heimisch.

**OEKOSKOP:** *Pie Müller, Sie forschen über invasive Mückenarten in der Schweiz. Was haben diese mit dem Klimawandel zu tun?*

**Pie Müller:** Die invasiven Arten werden vor allem mit dem weltweiten Handel global verschleppt. Ihre Ausbreitung hat also nicht unmittelbar mit dem Klimawandel zu tun. Man kann ihn aber als Katalysator für die Verbreitung sehen. Die Klimaerwärmung begünstigt die Ausdehnung der Gebiete, die sich als Lebensräume für diese Stechmücken eignen.

Die Eierstadien gewisser Arten widerstehen dem Austrocknen. Deshalb können diese Eier so weite Distanzen zurücklegen. Eine dieser Arten, die sich momentan in der Schweiz ausbreiten, ist die asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*, vgl. Foto). Innerhalb Europas wurde sie entlang den Hauptverkehrsachsen verschleppt. In Fahrzeugen gefangen kamen die Mücken via die Autobahnen aus Italien in die Schweiz. Hier liegen die Klimabedingungen für die Tigermücke im Grenzbereich. Sie legt Eier, die zwar eine Winterstarre durchlaufen. Aber das Kälte-limit liegt bei einer mittleren Jahrestemperatur von etwa zehn Grad. Und die Temperatur sollte nicht länger als einen Monat unter minus ein Grad fallen. Wenn wir die Klimaerwärmung berücksichtigen,



Asiatische Tigermücke.

© zvg

verbessern sich die Bedingungen für die Tigermücke bei uns laufend.

Ausserdem ist die Mücke sehr anpassungsfähig. Man geht davon aus, dass die Mücken bei uns nicht direkt von Asien, sondern via die USA eingeschleppt wurden, wo sie bereits auf kühlere Temperaturen selektioniert

wurden. Grundsätzlich können sich Stechmücken umso besser und schneller entwickeln, je wärmer es ist, vorausgesetzt, es ist auch feucht genug. Wenn das Klima aber nicht nur wärmer, sondern auch trockener werden sollte, wäre das Gegenteil der Fall.

*Wie reisen die Tigermücken um die Welt?*

Der Handel mit Altreifen spielt eine grosse Rolle. Altreifen werden meistens draussen gelagert. Bei Regen sammelt sich darin Wasser. Sie ähneln dann den natürlichen Brutstätten der Stechmücken: Sie mögen dunkle, wassergefüllten Baumhöhlen. Sie kleben ihre Eier knapp über der Wasseroberfläche an den Pneurand. Die Reifen werden weltweit verschifft und wiederum draussen gelagert. Sobald es erneut regnet, schlüpfen die Larven ins Wasser.

*Wie entdeckt man die Tigermücke überhaupt?*

Wenn sich Leute beklagen, kann man gezielt Fallen aufstellen. Ausserdem ist die Mücke tagaktiv im Gegensatz zu unseren einheimischen Arten. Sie wird auch als ziemlich aggressiv empfunden. Sie sticht oft mehrmals zu.

*In der Schweiz leben offiziell drei invasive Mückenarten. Vermuten Sie eine «Dunkelziffer», lauern da noch weitere in Position?*

Das kann natürlich sein. Wir platzieren Fallen entlang den vermuteten Einschleppwegen. Auch entlang der West-Ost-Achse, denn es ist zu erwarten, dass die asiatische Tigermücke aus dem Rhonetal dereinst in Genf ankommen wird. Wir stellen 150 Fallen auf, die den Weibchen von Juni bis September als Eiablage dienen. Mit einer molekular-

<sup>1</sup> Die Krankheit zeigt meist unspezifische oder Symptome einer schweren Grippe. Dengue kann aber auch zu inneren Blutungen oder bei schwerem Krankheitsverlauf (Hämorrhagisches Denguefieber, Dengue-Schock-Syndrom) sogar zum Tod führen.

<sup>2</sup> Tropische Infektionskrankheit, löst Fieber und Gelenksbeschwerden aus, verbreitet v. a. in Ost- und Südafrika, Indien und Südostasien.

<sup>3</sup> Zika bewirkt eine Schädelbildung (Mikrozephalie), diese geht mit einer geistigen Behinderung einher. Die Häufigkeit beträgt 1,6 auf 1000 Geburten, kann aber in Endemiegebieten des Zika-Virus durch die Infizierung von schwangeren Frauen deutlich höher liegen.

<sup>4</sup> Pyrethroide sind Kontaktgifte. Typisch ist ihre rasche Wirksamkeit («knock down») auch bei niedriger Dosierung. Sie sind nicht nützlichschonend, wobei Bienen vom Geruch abgeschreckt werden. Das Insektizid ist sehr giftig für Fische, Amphibien und Reptilien.



larbiologischen Methode bestimmt man die Art. Im deutlich milderen Tessin wurde 2003 die erste Tigermücke nachgewiesen.

*Warum forschen Sie gerade zur asiatischen Tigermücke?*

Wir forschen auch zur Malaria-Mücke. Für die Schweiz ist die Tigermücke aber bedeutender. Einerseits, weil sie eben invasiv ist und andererseits als sehr lästig empfunden wird. Das hat ja auch einen Einfluss auf die Lebensqualität. Und sie ist ein Vektor, das heisst, sie kann Krankheitserreger übertragen. In tropischen Ländern überträgt sie z. B. Dengue-Fieber<sup>1</sup>, Chikungunya<sup>2</sup> und höchstwahrscheinlich auch Zika<sup>3</sup>. Es gibt auch in Europa Fälle, wo es zu Krankheitsübertragungen kam. In der Schweiz bisher noch nicht.

*Was erforschen Sie genau?*

Es gibt verschiedene Ebenen. Wir wollen die Biologie der Tigermücke besser verstehen aber auch, wie sie sich verbreiten. Wie weit fliegt eine Tigermücke selber? Im Tessin haben wir Tigermücken, aber es ist nicht klar, zu welchem Anteil sie dort wirklich etabliert sind oder aber ständig neu eingeschleppt werden. Über welche Wege werden sie global verschleppt? Sind sie empfindlich gegenüber einsetzbaren Insektiziden? Inwieweit sind sie bereits an Extremtemperaturen angepasst? Können Tigermücken die Erreger auch unter unseren klimatischen Bedingungen übertragen? Die Antworten darauf sollen helfen, das Risiko abzuschätzen.

*Die Malaria-Mücke (Anopheles) verschwand bei uns vor allem durch die Austrocknung von Sümpfen. Kann sie hier dennoch wieder heimisch werden?*

Die Mücke als potenzielle Überträgerin von Malaria gibt es bei uns weiterhin, wenn auch in niedrigeren Populationsdichten. Für das Verschwinden der Malaria spielten noch andere Faktoren eine Rolle. Z. B. das Gesundheitssystem: Wer hier über vierzig Grad

Fieber hat, begibt sich bei uns in ärztliche Betreuung, wo Malaria festgestellt und behandelt werden kann. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Mücke malariainfiziertes Blut aufnimmt, ist somit extrem klein. Es kann jedoch vorkommen, dass eine mit Malaria infizierte Mücke per Flugzeug direkt aus den Tropen hierher kommt. Allerdings ist es unwahrscheinlich, dass Malaria so im grossen Stil verbreitet würde. Einzelfälle, die sogenannte Flughafenmalaria, gibt es.

*Ist das ein Thema bei den Fluggesellschaften?*

Ja, die Kabinen und meines Wissens auch die Gepäckabteile der Flugzeuge werden mit Insektizid besprüht, wenn sie aus endemischen Gebieten kommen.

*Mit welchem Insektizid?*

Das sind Pyrethroide<sup>4</sup>, also synthetische Nachahmungen des natürlichen Insektizides Pyrethrum aus den Chrysanthemen. Pyrethroide haben eine geringe Toxizität für den Menschen und können deshalb so eingesetzt werden.

*Wie hoch ist effektiv das Gesundheitsrisiko, das von diesen Tigermücken bei uns ausgeht, z. B. im Vergleich zu anderen klimabedingten Risiken wie Hitzewellen?*

Das ist schwierig zu vergleichen. An Hitzewellen kann man sich allenfalls besser anpassen und Wege finden, damit umzu-

**Dr. sc. nat. Pie Müller** ist Biologe und Leiter der Arbeitsgruppe Vektorkontrolle am Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH) in Basel. Seine Forschungsgebiete sind die Biologie von krankheitsübertragenden Insekten (Vektoren), die Überwachung von invasiven Arten, Insektizidresistenz sowie die Entwicklung von Produkten zur Bekämpfung von Stechmücken.  
pie.mueller@swisstph.ch,  
www.swisstph.ch



gehen. Krankheitserreger sind hingegen sehr unvorhersehbar. Das Zika-Virus galt während Jahrzehnten als harmlos. Jetzt entdeckte man plötzlich den Zusammenhang mit der Mikrozephalie bei Neugeborenen und Zika wurde zu einer dramatischen Krankheit.

*Weil man den Zusammenhang erst entdeckt hat oder weil sich das Zika-Virus veränderte?*

Wahrscheinlich gab es tatsächlich Änderungen beim Virus. Man weiss noch nicht genau, welche Faktoren dafür verantwortlich sind. Die Situation kann sich bei Viren plötzlich verändern. Ein anderes Beispiel ist Chikungunya, ebenfalls eine virale Erkrankung, die von Stechmücken übertragen wird. Lange war die Tigermücke ein schlechter Überträger dieses Virus. Aber über Nacht gab es eine spontane Mutation im Virus selber. Dadurch war es plötzlich sehr angepasst an die Tigermücke und diese war von einem Tag auf den andern ein sehr guter Überträger. Das ist die Problematik am Ganzen. Es ist nicht etwas, das sich punktförmig langsam ausbreitet, so dass man Prognosen stellen könnte. Überall und jederzeit kann so eine Mutation auftreten. Man kann also einzig dafür sorgen, dass die Mückenpopulationen möglichst klein bleiben.

*Sie testen Pestizide aus der Industrie zur Vektorkontrolle. Entwickelt das Swiss TPH auch selber solche Insektizide?*

Wir entwickeln zusammen mit der Industrie neue Insektizide. Das vor allem im Malariabereich, wo wir auch nach neuen Ansätzen und Methoden ohne Insektizide suchen, um die Mücken loszuwerden. Bei der asiatischen Tigermücke verfolgen wir eine Doppelstrategie. Man versucht, sämtliche Brutstätten zu tilgen, indem stehende Wasseransammlungen regelmässig geleert werden. Zugleich setzen wir gegen die Larven ein natürliches Bakterium<sup>5</sup> ein, das To-



© zzz

xine bildet, die spezifisch auf Stechmücken, aber kaum auf andere Insekten wirkt.

*Wie sieht es mit der Resistenzbildung gegen die verwendeten Insektizide aus?*

Das ist ein grosses Thema. Die verfügbaren Pyrethroide sind schon dreissig Jahre alt und die Stechmücken haben inzwischen vielerorts Resistenzen dagegen gebildet. Man hat kaum neue Insektizide zur Verfügung. Der Hauptmarkt für Insektizide ist der Agrarbereich und der Hausgarten. Dort will man möglichst umweltverträgliche Mittel, die nur kurz wirken, wenn tatsächlich Schädlinge da sind. Viele Insektizide sind relativ unspezifisch und schädigen auch Nützlinge, deshalb möchte man sie schnell wieder weghaben. Im öffentlichen Gesundheitsbereich hingegen braucht man Mittel, die länger wirken, damit man sie nicht ständig neu versprühen muss. Vor allem im Malariabereich möchte man Insektizide, um Moskitonetze zu behandeln und um Häuser inwendig zu besprühen, die möglichst während der ganzen Malariasaison wirksam sind. Solche Produkte entwickelt die Industrie gar nicht mehr.

*Dann wirken die Pyrethroide also auch nicht mehr so zuverlässig, wenn Sie in den Flugzeugen versprüht werden?*

Ja. Das ist zu befürchten.

*Diese Grundsatzfrage zum Schluss: Wir Schweizerinnen und Schweizer sind keineswegs nur Opfer invasiver Mücken sondern wir bereiten ihnen mit globalem Handel und der übermässigen Produktion von Klimagasen den Weg. Während Sie an Antimückensprays forschen, heizen wir der Welt weiter ein. Welche konkrete Botschaft haben Sie als Forscher an die Bevölkerung?*

Das ist eine gute Frage. Die Globalisierung kann man nicht verhindern, sie wird weiter fortschreiten. Deshalb müssen wir die invasiven Stechmücken überwachen und wo nötig mit entsprechenden Massnahmen eingreifen. ■

<sup>5</sup> *Bacillus Thuringiensis*, Variation *Israelensis* (BTI)



# Aggressive Ambrosia-Pollen auf dem Vormarsch

Dr. Ulrike Frank, Dr. Dieter Ernst, Dr. Karin Pritsch, Dr. Christiane Pfeiffer, Dr. Friederike Trognitz und Dr. Michelle M. Epstein, ATOPICA.eu

Der Klimawandel sowie veränderte Landnutzung und Luftqualität beeinflussen die Allergieverkrankungen in Europa massiv. Das EU-Projekt ATOPICA untersucht die Effekte am Beispiel der Ambrosia-Pollen.

Allergische Erkrankungen wie Rhinokonjunktivitis allergica<sup>1</sup>, Asthma bronchiale oder Neurodermitis sind häufig. Das Team um Brunello Wüthrich konnte bereits 1993 zeigen, dass ein Drittel aller Schweizer Sensibilisierungen gegen relevante Allergene aufweisen und jeder zehnte Erwachsene sowie jeder fünfte Jugendliche an einer Erkrankung des atopischen Formenkreises<sup>2</sup> leiden [1]. Für Europa wurden 2014 bei bis zu 50% der Bevölkerung atopische Sensibilisierungen nachgewiesen. Die höchsten Raten für Nahrungsmittelsensibilisierung finden sich im europäischen Städtevergleich in Zürich [2]. Häufige Auslöser sind Allergene in einheimischen Pollen, die mit Nahrungsmittelallergenen in Kräutern oder Steinobst kreuzreagieren und so auch Nahrungsmittelallergien auslösen können sowie Hausstaubmilben.

## Pollen plagen immer mehr Menschen

Die Häufigkeit und Schwere von allergischen Reaktionen hat in den letzten Jahrzehnten rasant zugenommen. Bereits jedes dritte Kind leidet an einer Allergie und man schätzt, dass in 10 Jahren 50% der Europäer betroffen sein könnten.

### Ist es Ambrosia (Ragweed)?

Hier finden Sie Hilfe, um die Pflanze zu erkennen und Tipps für das Vorgehen: [www.ambrosia.ch](http://www.ambrosia.ch). Beim Entfernen und Entsorgen immer Handschuhe und Mundschutz tragen.



© pixabay

Es besteht eine klare Korrelation zwischen der Menge von Pollen und der Verbreitung von Pollenallergien. Untersuchungen der täglichen Pollenkonzentration von verschiedenen allergenen Pflanzen in den USA während der letzten zwei Jahrzehnte belegen einen stetigen Anstieg der Pollenmengen. Ferner liegen verlängerte Pollensaisons mit grösseren Ausprägungen im Norden der USA vor [3].

## Klimawandel als Pollenproduzent

Die Produktion von Pollen und das Milbenvorkommen im Hausstaub hängen unter anderem von der relativen Luftfeuchtigkeit ab. Die Produktion von Pollen resultiert aus mikro- und makroklimatischen Bedingungen, womit nahelegt, dass der Klimawandel eine Rolle in der beobachteten Prävalenzzunahme<sup>3</sup> atopischer Erkrankungen spielt.

In vielen Ländern Europas beginnt die Vegetationsperiode frühblühender Bäume und Gräser früher und dauert länger als noch vor 20 Jahren. Ursache sind höhere Temperaturen, Trockenheit und Luftverschmutzung, erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen,

anthropogene Stickstoffoxide (NO/NO<sub>2</sub>) und ein Anstieg bodennaher Ozon-Konzentrationen.

## Aggressive Ambrosia-Pollen

Für die Zunahme der Pollenbelastung ist neben einer Zunahme der Pollen von Birke in Mittel- und Nordeuropa und der Zunahme von Olivenpollen in Südeuropa vor allem die rasche Ausbreitung des Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) verantwortlich. Dieser Eindringling (Neophyt) wurde im 19. Jahrhundert aus Nordamerika nach Europa eingeschleppt. Ragweed-Pollen stellen das Hauptallergen für Pollenallergiker in den USA dar. Sie sind hoch allergen und verlängern in Europa die Pollensaison für viele Allergiker bis in den Herbst. Schon zehn Pollenkörner pro Kubikmeter Luft können

<sup>1</sup> Auch *allergische Rhinitis*, Heuschnupfen.

<sup>2</sup> Zusammenfassende Bezeichnung für erbliche, an das HLA-System (Regulierung und Überwachung des Immunsystems) gebundene, allergische Erkrankungen mit unterschiedlicher Organbeteiligung.

<sup>3</sup> Die Prävalenz sagt aus, welcher Anteil der Menschen einer bestimmten Gruppe zu einem bestimmten Zeitpunkt an einer bestimmten Krankheit erkrankt (Krankheitshäufigkeit).

eine allergische Reaktion hervorrufen. Im Gegensatz dazu sind bei Gräserpollen 50 Pollenkörner/m<sup>3</sup> notwendig.

## ATOPICA – das EU-Forschungsprojekt

Das EU-Projekt ATOPICA<sup>5</sup> ([www.Atopica.eu](http://www.Atopica.eu)) zeigte in verschiedenen klinischen Kohorten, dass bis zu 5% der Kinder jährlich sensibilisiert werden, abhängig von der Ragweed-Belastung und der Luftqualität. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Pollenbelastung und der Ragweed-Sensibilisierung. In Ländern mit hoher Pollenbelastung liegt der Anteil der Sensibilisierung gegenüber Ragweed inzwischen bei 50% der Patienten mit allergischen Symptomen. Bereits 23.7% aller Ragweed-sensibilisierten Patienten zeigen Asthma-Symptome [4].

Es wurde eine Korrelation zwischen



## Referenzen

- [1] Wüthrich B. Epidemiologie der Allergien in der Schweiz(2001). Therapeutische Umschau 58:5:253-258.
- [2] EAACI 2014: [www.eaaci.org/globalatlas/GlobalAtlasAllergy.pdf](http://www.eaaci.org/globalatlas/GlobalAtlasAllergy.pdf)
- [3] Zhang, Y., Bielory, L., Mi, Z., Cai, T., Robock, A., and Georgopoulos, P. (2015). Allergenic pollen season variations in the past two decades under changing climate in the United States. *Global Change Biology* 21, 1581-1589. doi: 10.1111/gcb.12755.
- [4] Burbach, GJ., Heinzerling, LM., Rohnelt, C., Bergmann, KC., Behrendt, H., Zuberbier, T. (2009). Ragweed sensitization in Europe - GA(2)LEN study suggests increasing prevalence. *Allergy* 64:664-665.
- [5] Ghiani, A., Ciappetta, S., Gentili, R., Asero, R., and Citterio, S. (2016). Is ragweed pollen allergenicity governed by environmental conditions during plant growth and flowering? *Scientific Reports* 6:30438.
- [6] Storkey, J., Stratonovitch, P., Chapman, D.S., Vidotto, F., and Semenov, M.A. (2014). A Process-Based Approach to Predicting the Effect of Climate Change on the Distribution of an Invasive Allergenic Plant in Europe. *PLoS ONE* 9, e88156. doi: 10.1371/journal.pone.0088156.
- [7] Hamaoui-Laguel, L., Vautard, R., Liu, L., Solomon, F., Viovy, N., Khvorostyanov, D., Essl, F., Chuine, I., Colette, A., Semenov, M.A., Schaffhauser, A., Storkey, J., Thibaudon, M., and Epstein, M.M. (2015). Effects of climate change and seed dispersal on airborne ragweed pollen loads in Europe. *Nature Clim. Change* 5, 766-771. doi: 10.1038/nclimate2652. <http://www.nature.com/nclimate/journal/v5/n8/abs/nclimate2652.html#supplementary-information>.
- [8] Ziska, L.H., and Caulfield, F.A. (2000). Rising CO2 and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*), a known allergy-inducing species: implications for public health. *Australian Journal of Plant Physiology* 27, 893-898.
- [9] El Kelish, A., Winkler, J.B., Lang, H., Holzinger, A., Behrendt, H., Durner, J., Kanter, U., and Ernst, D. (2014). Effects of ozone, CO2 and drought stress on the growth and pollen production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) *Julius-Kühn-Archiv*, 139-147.
- [10] Ziska, L.H., Gebhard, D.E., Frenz, D.A., Faulkner, S., Singer, B.D., and Straka, J.G. (2003). Cities as harbingers of climate change: common ragweed, urbanization, and public health. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 111, 290-295.
- [11] Ziska, L.H. (2002). Sensitivity of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) growth to urban ozone concentrations. *Functional Plant Biology* 29, 1365-1369.
- [12] Kanter, U., Heller, W., Durner, J., Winkler, J.B., Engel, M., Behrendt, H., Holzinger, A., Braun, P., Hauser, M., Ferreira, F., Mayer, K., Pfeifer, M., and Ernst, D. (2013). Molecular and immunological characterization of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen after exposure of the plants to elevated ozone over a whole growing season. *PLoS ONE* 8, e61518. doi: 10.1371/journal.pone.0061518.
- [13] Stinson, K.A., Brophy, C., and Connolly, J. (2011). Catching up on global change: new ragweed genotypes emerge in elevated CO2 conditions. *Ecosphere* 2, 1-11. doi: 10.1890/es10-00168.1.



*Ambrosia artemisiifolia.*

© Andreas Rocksteinflickr



ben [11], [9]. Unter höheren Ozon-Konzentrationen kam es jedoch zu Veränderungen in der Zellwand der Pollen, was einen Einfluss auf ihre Allergenität haben könnte [12]. Erhöhte Stickstoffdioxid-Konzentrationen führten in einem kontrollierten Versuch wiederum zu höheren Pollenmengen und einer verringerten Samenproduktion (Zhao et al. unveröffentlicht).

### Klimabedingte Evolution

Erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen haben aber nicht nur einen Einfluss auf das Wachstum und die Pollenmengen der Pflanzen, sondern verursachen auch evolutionäre Veränderungen. So konnten Genotypen, die bei den aktuellen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen unterdrückt werden, unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Werten an Dominanz gewinnen. Es kamen auch mehr Genotypen zur Blüte [13].

Ragweed-Pollen bleibt ein grosses Problem für die Gesundheit. Die weitere Ausbreitung der Pflanze betrifft auch Länder, in denen die Bevölkerung noch wenig dafür sensibilisiert ist. Die Ausbreitung sollte deshalb dringend mit effizienten Massnahmen eingedämmt werden. ■

der Allergenität von Ragweed-Pollen und Umwelteinflüssen wie Temperatur, Licht und relativer Luftfeuchte gefunden [5]. Ein Wechsel von Temperatur, Licht und relativer Luftfeuchte während der Vegetationsperiode bringt Pollen höherer Allergenität hervor im Vergleich zu Pollen von Pflanzen, die unter gleichbleibenden Bedingungen wuchsen. Dieser Befund war unabhängig vom genetischen Hintergrund der Ragweedpflanzen. Welcher Umweltfaktor welchen spezifischen Anteil an der Zunahme der Allergenität hat, ist bisher unbekannt.

Verschiedene Modellrechnungen im Rahmen von ATOPICA sagen für die Zukunft eine deutliche Verbreitung von Ragweed in ganz Europa voraus, mit stärkerer Verbreitung in Nordeuropa [6]. Als Folge davon könnten sich bis 2050 die Konzentrationen von Ragweed-Pollen in der Luft in Europa vervierfachen. Zwei Drittel dieser Zunahme sind dem Klimawandel zuzuschreiben. Ein Drittel beruht auf einer kontinuierlichen Vergrösserung der Landflächen, auf denen

sich Ragweed ausbreiten kann, was mit einer Erhöhung der Samen und Pollen einher geht. Alle Modelle prognostizieren, dass höhere CO<sub>2</sub>-Werte und wärmere Temperaturen dazu beitragen werden, die Pollensaison von Ambrosia zu verlängern, die immer grössere Gebiete Europas erfassen [7].

### Ozon verändert das Innerste der Pollen

Versuche unter kontrollierten Gewächshausbedingungen zeigten, dass erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (bis zu 700 ppm) zu grösseren Pollenmengen und stärkerem Pflanzenwachstum führten [8], [9]. Eingleichzeitiger Trockenstress schwächt den CO<sub>2</sub>-Effekt jedoch wieder ab [9]. Auch unter realen Bedingungen, bei denen in städtischen Gebieten die CO<sub>2</sub>-Gehalte durchschnittlich um 30 % und die Temperatur bis zu 2° C höher waren, wuchsen die Ambrosia-Pflanzen schneller, blühten früher, und produzierten mehr Pollen als ausserhalb der Stadt [10]. Anders als erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen scheinen erhöhte Ozonwerte von 65 ppb bzw. 80 ppb keinen Einfluss auf die Pollenmenge und das Pflanzenwachstum zu ha-

<sup>4</sup> Das Projekt wurde unter dem 7. EU-Forschungsrahmenprogramm (FP7) gestartet und läuft unter «Horizon 2020», dem aktuellen EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation, weiter.

Die BiologInnen **Dr. Ulrike Frank** (Post-Doc), **Dr. Dieter Ernst** und **Dr. Karin Pritsch** machen Grundlagenforschung am Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, in Neuherberg. **Dr. Christiane Pfeiffer** ist an den Universitäten Ulm und Augsburg tätig. **Dr. Friederike Trognitz**, ist Projektleiterin am Austrian Institute of Technology GmbH AIT. **Dr. Michelle M. Epstein** ist die wissenschaftliche Koordinatorin von ATOPICA. Sie arbeitet an der Medizinischen Universität Wien MUW, Departement Dermatologie, Experimentelle Allergologie.

[michelle.epstein@meduniwien.ac.at](mailto:michelle.epstein@meduniwien.ac.at),  
[www.atopica.eu](http://www.atopica.eu)

# Biologische Kohlenstoffspeicherung

## - Umsatz und Kapital nicht verwechseln

Prof. Dr. Christian Körner, Basel<sup>1</sup>

Der Fokus auf biologische Optionen zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Luft ist ein Ablenkungsversuch. Es ist unvermeidlich, fossile Energie zu sparen und unser Energiesystem klimafreundlich umzubauen.

In der Wirtschaft kann die Verwechslung zwischen Umsatz und Kapital zum Ruin führen. Diese Verwechslung zieht sich aber wie ein roter Faden durch die Diskussion über die biologische Einlagerung von CO<sub>2</sub> bzw. Kohlenstoff (C): Wissenschaft und Öffentlichkeit setzen das Pflanzenwachstum (Teil des Umsatzes) mit der langfristigen Festlegung von C im Ökosystem (Kapital) gleich. Die Fehlüberlegung bewirkt, dass das Potenzial des Ökosystems als CO<sub>2</sub>-Senke<sup>2</sup> massiv überschätzt wird. Auch das Ausmass, in dem nachwachsende Rohstoffe fossile Energieträger ersetzen können, ist langfristig bescheiden – von den sozialen und ökologischen Folgen ganz abgesehen.

### Biologische Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Entlastung

Es gibt zwei grundsätzlich unterschiedliche Wege, die Atmosphäre biologisch von CO<sub>2</sub> zu entlasten: 1. Den Kohlenstoff (C), der in Form von CO<sub>2</sub> aus fossilen Energieträgern freigesetzt wurde, in Pflanzen zu binden. 2. Die fossilen C-Ressourcen durch nachwachsende zu ersetzen.

In der Regel bringt der Ersatz fossiler Brennstoffe durch eine effiziente Nutzung nachwachsender Rohstoffe deutlich grössere und vor allem auch dauerhafte CO<sub>2</sub>-Einspareffekte [1]. Dennoch dominiert das Bindungs-Potenzial durch Pflanzen die internationale Kohlenstoffdiskussion. Da fast 90% des weltweit (und auch national) in Biomasse gebundenen Kohlenstoffs in Bäumen festgelegt ist, betrachte ich hier nur Wälder.

### Was nützt das Pflanzenwachstum der Atmosphäre?

Wachstum ist Teil des Kohlenstoff-Kreislaufs im Ökosystem (Umsatz) und somit kein Mass für die Grösse des Kohlenstoff-Vorrates in Form von Biomasse (Kapital). In der Regel ist der Zusammenhang sogar ein negativer: Während der C-Vorrat mit dem Alter eines Ökosystem steigt, verlangsamt sich das Wachstum [2], weil Bäume bekanntlich nicht in den Himmel wachsen. Von Kohlenstoff-Festlegung kann man aber nur sprechen, wenn neue, dauerhafte C-Depots entstehen, z. B. ein neuer Wald auf vorher unbewaldetem Gelände. Ein wachsender Baum in

einem bestehenden Wald hingegen ist nur ein vorübergehendes Depot. Ihm steht irgendwo Kohlenstoff-Freisetzung (in Form von CO<sub>2</sub>) durch sterbende, geerntete oder dem Feuer zum Opfer gefallene Bäume gegenüber. Für die C-Festlegung zählt nur die Bilanz zwischen Pflanzenzuwachs (C-Bindung) und Pflanzenverlust (C-Freisetzung) sowie die Verweildauer des festgelegten Kohlenstoffs im System [3]. Schnellwüchsige Holzplantagen mit kurzer Umtriebszeit weisen besonders kleine Kohlenstoffvorräte auf (vgl. Abb. 1).

### Die Stoffflüsse in der Landschaft entscheiden

Ein Waldstück mit mehrheitlich wachsenden Bäumen stellt also in einem bereits bewaldeten Gebiet langfristig keine C-Senke dar. Diese Annahme ist sogar in der wissenschaftlichen Literatur weit verbreitet. Solche Studien erheben das Wachstum einzelner Bäume, interpretieren es aber als Vorratszuwachs in der Landschaft. Auf dieser übergeordneten Ebene gleichen sich jedoch in der Regel die Kohlenstoffflüsse in das Ökosystem und aus ihm heraus langfristig aus. Solange sich die Waldfläche und/oder die Nutzungsintensität nicht verändern, verändert sich auch der durchschnittliche Kohlenstoffvorrat des Waldes kaum.

Bei nachhaltiger Forstwirtschaft (also konstantem Gesamtbestand) stehen in unseren

## Der Ozean ist kein Pool für C-Speicherung

Als potenzieller C-Speicher eignet sich im Wesentlichen nur der terrestrische Lebensraum. Die Fähigkeit des Ozeans, C in Form von CO<sub>2</sub> zu binden, beruht im Wesentlichen auf dem CO<sub>2</sub>-Lösungsgleichgewicht zwischen Luft und Wasser [7]. Je wärmer das Wasser ist (und mit der Klimaerwärmung wird), umso weniger CO<sub>2</sub> kann es aufnehmen.

Je mehr CO<sub>2</sub> im Wasser als Kohlensäure gelöst ist, umso saurer wird es. Das reduziert die Löslichkeit von CO<sub>2</sub> im Wasser zusätzlich. Die ozeanische Biomasse stellt keine nennenswerte Senke dar: Sie entspricht nur etwa 0.2 % der globalen. Ebenso wenig trägt der biologische Fallout in die Tiefsee bei.

<sup>1</sup> Dieser Beitrag ist eine gekürzte und aktualisierte Fassung eines Beitrags in GAIA 4:288-293, 2009.

<sup>2</sup> Als CO<sub>2</sub>-Senke (auch Kohlenstoff-Senke) wird ein Reservoir bezeichnet, das langfristig oder dauerhaft Kohlenstoff aufnimmt und speichert und damit der Atmosphäre entzieht.

<sup>3</sup> <http://naturschutz.ch/news/co2-duenger-komplett-aus-der-luft-gegriffen/115931>



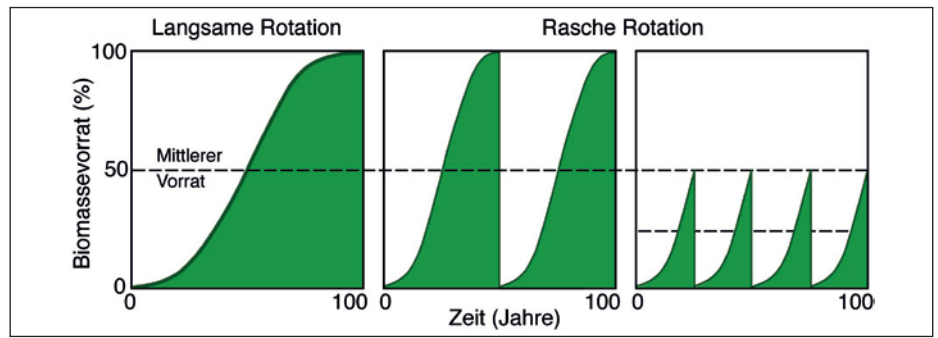


Abbildung 1: Je höher die Wachstumsgeschwindigkeit, desto kleiner ist der Vorrat an Biomasse-Kohlenstoff in Wäldern. Aus besonders raschen Erntezyklen (rasche Rotation) in hochproduktiv gehaltenen Plantagen resultiert wenig Vorrat pro Fläche. Links: langsamwüchsiger Naturwald (grosser C-Vorrat), ganz rechts: rasch wüchsige Plantage (kleiner C-Vorrat).

geografischen Breiten im Jahr etwa 99% des Waldes im Wachstum (bauen also gerade C ein), während ein Prozent in der Erntephase ist, also C verliert. Über einen langen Zeitraum (in Mitteleuropa ca. 100 Jahre) und grosse Flächen setzt aber dieses eine Prozent letztlich ebenso viel CO<sub>2</sub> frei, wie die wachsenden 99% im gleichen Jahr festlegen. Die Aufnahme von Kohlenstoff in die Biomasse erfolgt langsam, die C-Freisetzung erfolgt hingegen sehr schnell (durch Ernte, Absterben, Windbruch, Feuer). Selbst wenn Holz verbaut wird, zählt nur der Netto-C-Einbau.

### Wie entstehen die irreführenden Schlussfolgerungen?

Die Forschung untersucht vor allem Wälder in der Wachstumsphase: Auf Kahlschlag-, Windwurf- oder Feuerflächen baut kaum jemand teure Messtürme zur Erfassung der Kohlenstoffbilanz auf. Daher dokumentieren die Messung von CO<sub>2</sub>-Flüssen am intakten Wald die an sich triviale Tatsache, dass ein Wald wächst, also C einbaut [4]. Über die Kohlenstoffbilanz auf der Landschaftsebene ist damit noch nichts ausgesagt. Die 99 Mal grössere Wahrscheinlichkeit, wachsende statt sterbende Parzellen zu erfassen, obwohl die Beiträge beider an der C-Bilanz ungefähr gleich gross sind, verursacht eine statistische Verzerrung [5]. Das führt zu einer systematischen Überschätzung der Landschaft als C-Senke [6].

### Wie die biologische C-Festlegung fördern?

Der Löwenanteil des CO<sub>2</sub> aus fossilen Brenn- und Treibstoffquellen wird aus diffus verteilten Quellen freigesetzt (Fahrzeuge, Haushalte, Gewerbe, Grossteil der Industrie). Selbst grosse CO<sub>2</sub>-Punktquellen (z.B. Kohlekraftwerke) stehen selten an Stellen, wo das freigesetzte CO<sub>2</sub> allenfalls im Untergrund dauerhaft gelagert werden könnte. Diffus verteilte C-Quellen erfordern ebenso diffus verteilte C-Senken. Dazu eignet sich im Wesentlichen nur die Vergrösserung der C-Pools

in den terrestrischen Ökosystemen, besonders in Wäldern (vgl. Kasten links). Punktuelle technische Lösungen sind chancenlos.

Es gibt drei biologische Wege, Kohlenstoff einzufangen: 1. Man forstet geeignete, derzeit unbewaldete Landflächen auf. Aufforstung steht aber in Konkurrenz zu anderen Landnutzungsformen wie Weideland und Ackerflächen.

2. Die Speicherdichte in bestehenden Wäldern wird erhöht, z. B. durch Unternutzung. In genutzten Wäldern wird der Vorrat von der Umtriebszeit bestimmt: Je länger man die Ernte hinauszögert, desto grösser wird der Vorrat. Man kann biologische C-Speicher aber nur einmal «füllen», das Wachstum kommt an eine natürliche Grenze. Gleichzeitig steigt in einem Altbestand das Risiko von Zusammenbrüchen, bei denen C durch Zersetzung oder Verbrauch als CO<sub>2</sub> wieder frei wird. Der Sturm Lothar fällt in der Schweiz in wenigen Stunden etwa drei Jahresernten an Holz.

3. Kohlenstoff wird im Humus der Böden gespeichert.

Der C-Vorrat im Boden ist global etwa dreimal so gross wie der Vorrat in der gesamten Biomasse. Allerdings wird im Boden Kohlenstoff nicht in reiner Form (z. B.

Diamant, Graphit, Russ) gespeichert, sondern nur in Verbindung mit anderen Pflanzennährstoffen und in Kombination mit Tonmineralen. In diesen Ton-Humus-Komplexen sind die Pflanzennährstoffe langfristig gebunden und werden nur unter bestimmten Voraussetzungen von Mikroben «frei gegeben». Die C-Speicherung durch Humusbildung tritt also sofort in Konkurrenz zur Nährstoffversorgung der Pflanzen. Sie geht auch extrem langsam vor sich und ist daher als steuerbare C-Senke eher unbedeutend [8].

### Treibt CO<sub>2</sub> und Stickstoff die Kohlenstoffbindung an?

Die Fotosynthese ist beim heutigen CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft von rund 400 ppm nicht ausgelastet und sollte also bei grösserem CO<sub>2</sub>-Angebot auch mehr C binden. Wie wir heute aber wissen, führt das nicht zu mehr Wachstum, ausser man führt auch andere lebensnotwendige Nährstoffe zu [9]. Aber selbst wenn mit Mineraldünger eine Wachstumssteigerung eintritt, beschleunigt das nur die Ernte oder das Erreichen der natürlichen Alterung, führt also nicht zu einer erhöhten, dauerhaften Speicherung von C (vgl. Kasten unten).

## Mit Gurkenidee gegen den Klimawandel?

Im Juni 2017 ging in Hinwil/ZH das erste Gurkengewächshaus in Betrieb, das mit aus der Luft gefiltertem CO<sub>2</sub> «gedüngt» wird.<sup>3</sup> Den Klimanutzen, den sich die Betreiber davon versprechen (CO<sub>2</sub>-Problem wird Gurke), ist blanker Unsinn. Unter optimalen Bedingungen (genug Wärme, Wasser, Dünger) beschleunigt zusätzliches CO<sub>2</sub> zwar das

Gurkenwachstum, aber sobald die Gurken gegessen sind, ist das meiste CO<sub>2</sub> wieder in der Luft (durch uns veratmet). Den Rest besorgen die Mikroben in den Abwasserreinigungsanlagen. Ein Kommentar zum Medienbericht trifft den Kern: «Und dann sollen wir einfach langsamer atmen, nachdem wir das Gemüse gegessen haben?»





Schnellwüchsige Pappelplantage mit wenig Biomassenvorrat im Bestand.

© Christian Körner

In naturnahen Wäldern ohne künstliche Nährstoffzufuhr kann es kein allein CO<sub>2</sub>-getriebenes Wachstum geben. Es würde sofort einer der anderen lebensnotwendigen Pflanzennährstoffe zum limitierenden Faktor. Neben hunderten CO<sub>2</sub>-Anreicherungs-Experimenten in «gärtnerischen» Testsystemen, gibt es bis heute nur vier Datensätze aus Naturwald. Alle vier zeigen einen Nulleffekt (Zitate in [10], [11], für Tropenwälder siehe [12]). Selbst raschwüchsige Plantagen zeigen in wenigen Jahren nach erfolgtem Kronenschluss einen Nulleffekt [13]. Ebenso bewirken wachstumsfördernde höhere Temperaturen oder grössere Stickstoffeinträge aus der Luftverschmutzung keine dauerhafte Erhöhung der Kohlenstoffspeicherung. In Mitteleuropa übersteigt der anthropogene Stickstoffeintrag längst den Bedarf der Wälder und es wurden andere Nährstoffe, die nicht vom Himmel fallen (z. B. Phosphor), limitierend [14].

## Literatur

- [1] Marland G., Schlamadinger B (1997) Forests for carbon sequestration or fossil fuel substitution? A sensitivity analysis. *Biomass Bioenergy* 13:389-397.
- [2] Erb KH. et al. (2016) Biomass turnover time in terrestrial ecosystems halved by land use. *Nat Geosci* 9:674-678.
- [3] Körner C. (2017) Carbon sequestration – a matter of tree longevity. *Science* 355: 130-131.
- [4] Körner C. (2003) Slow in, rapid out – carbon flux studies and Kyoto targets. *Science* 300:1242-1243.
- [5] Fisher JI. et al. (2008) Clustered disturbances lead to bias in large-scale estimates based on forest sample plots. *Ecol Lett* 11:554-563.
- [6] Mackey B. et al. (2013) Untangling the confusion around land carbon science and climate change mitigation policy. *Nature Climate Change* 3: 552-557.
- [7] Le Quéré C. et al. (2016) Global Carbon Budget 2016. *Earth Syst Sci Data* 8: 605-649.
- [8] De Vries W. et al. (2006) The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration in European forests and forest soils. *Glob Change Biol* 12:1151-1173.
- [9] Körner C. (2006) Plant CO<sub>2</sub> responses: an issue of definition, time and resource supply. *New Phytol* 172:393-411.
- [10] Klein T. et al. (2016) Growth and carbon relations of mature *Picea abies* trees under 5 years of free-air CO<sub>2</sub> enrichment. *J Ecol* 104:1720-1733.
- [11] Ellsworth et al. (2017) Elevated CO<sub>2</sub> does not increase eucalypt forest productivity on low-phosphate soil. *Nature Climate Change* DOI: 10.1038/NCLIMATE3235
- [12] Körner C. (2009) Responses of humid tropical trees to rising CO<sub>2</sub>. *Ann Rev Ecol Evol Syst*, 20:61-79.
- [13] Norby RJ., Zak DR. (2011) Ecological Lessons from Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment (FACE) Experiments. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 42:181-203.
- [14] Braun S. et al. (2017) Growth trends of beech and Norway spruce in Switzerland: The role of nitrogen deposition, ozone, mineral nutrition and climate. *Science of the Total Environment*, in press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.230>
- [15] Smith P. et al. (1998) Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Glob Change Biol* 4:679-685.
- [16] Rogiers N. et al. (2008) Impact of past and present land-management in the C-balance of a grassland in the Swiss Alps. *Global Change Biol* 14:2613-2625
- [17] Schubert R. et al. (2008) Welt im Wandel – Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. WBGU Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.
- [18] EASAC (2017) Multifunctionality and sustainability in the European Union's forests. EASAC policy report 32 ([www.easac.eu](http://www.easac.eu)).



Durch Bodenbearbeitung ohne Pflügen könnte in der Landwirtschaft bis zu 4% des jährlichen CO<sub>2</sub> aus fossilen Quellen im so vermehrten Humus festgelegt werden, was dem jährlichen Energieverbrauch in der Landwirtschaft entspricht [15]. Der Effekt dieser massiven Massnahme wäre also klein. Rogier et al. [16] zeigten, dass für extensiv genutztes Grünland (ähnlich wie beim Wald), die Erhaltung alter, C-reicher Böden die bessere Option ist.

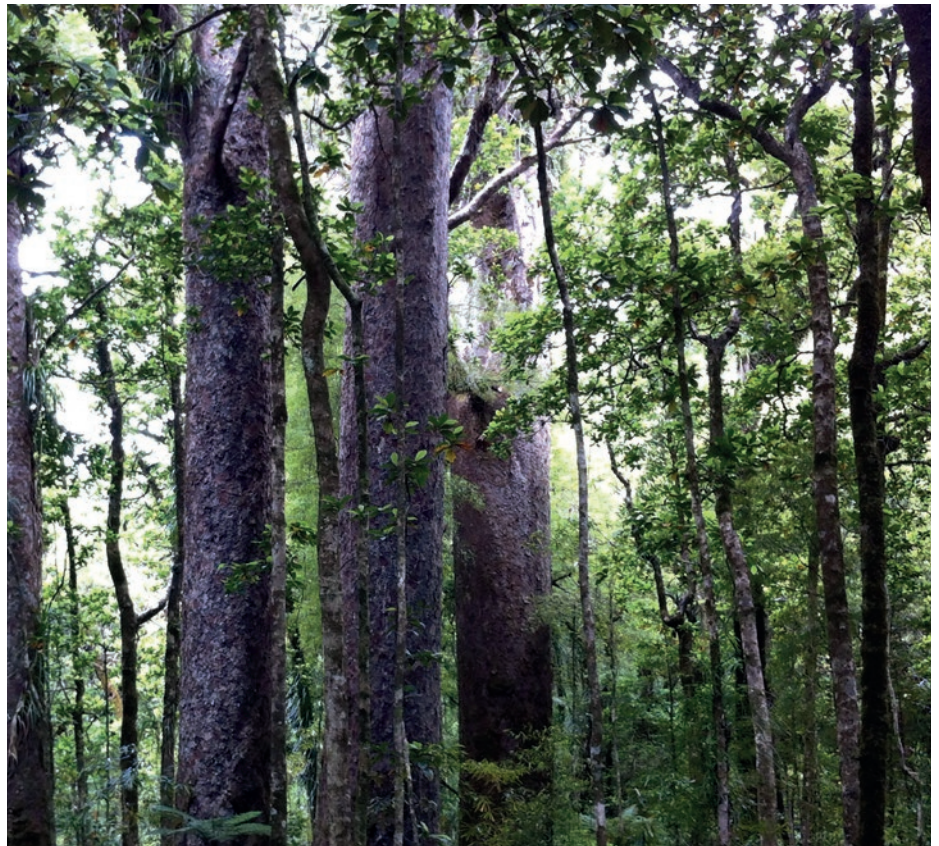
### Nachwachsende Kohlestoff-Quellen

Pflanzliche Produkte vermehrt als Werk-, Brenn- und Treibstoff einzusetzen, ist unter bestimmten Bedingungen wünschenswert und kann im Gegensatz zu Kohlenstoff-Festlegung «ewig» fortgesetzt werden. Der breiten Öffentlichkeit ist aber nicht bewusst, in welchem beschränkten Umfang das bloss möglich wäre (vgl. [1]). Z. B. Holz: Knapp ein Drittel der Schweiz ist mit Wald bedeckt. Jährlich werden daraus 1–1,2 Millionen Tonnen Kohlenstoff geerntet. Würde man damit 1:1 fossile Brenn- und Treibstoffe ersetzen (keine andere Holznutzung, keine Berücksichtigung der Energiedichte), könnte man rund 8% des derzeitigen Konsums von etwa 15 Millionen Tonnen an fossilem C pro Jahr kompensieren. Unser Energiekonsum ist also derzeit vom Potential nachwachsender Rohstoffe weitgehend entkoppelt.

### Treibstoffe vom Acker sind ein No-go

Die Option «Energie vom Acker» ist von vornherein inakzeptabel. Es ist eine Perversion unserer Gesellschaft, Mobilität über Nahrung zu stellen. Zum hohen Preis von negativen Umweltfolgen und Konkurrenzierung der Nahrungsmittelproduktion könnten Agrartreibstoffe dennoch bloss 5% der fossilen Energie ersetzen. Ausserdem werden damit bedenkliche Illusionen

<sup>4</sup> Zeit erkaufen, schinden.



Natürlicher Laubmischwald. Je ältern und weniger genutzt der Bestand, umso mehr gebundener Kohlenstoff enthält er. Doch dieser Speicherzuwachs gelangt an eine natürliche Grenze. © Christian Körner

genährt: Mit etwas beigemengtem Biosprit fährt man mit gutem Gewissen – anstatt gar nicht, weniger oder mit sparsamerem Auto. Die Vergasung biologischer Abfälle dagegen ist sinnvoll [17].

### Schlussfolgerung

Waldwachstum darf nicht mit Kohlenstoffspeicherung gleich gesetzt werden, so wie Umsatz nicht Kapital darstellt. Auch wenn die Ausdehnung der Waldfläche und die Steigerung der Holzdichte im Wald möglich sind, sind dies doch zeitlich und räumlich sehr begrenzte Optionen. Eine heutige Zurückhaltung bei der Waldnutzung beschert nachfolgenden Generationen eine Welle der CO<sub>2</sub>-Freisetzung, wenn die überalterten Wälder zusammenbrechen. Diese CO<sub>2</sub>-Welle könnte zu einem Zeitpunkt auftreten, wenn das Klimasystem noch sensibler ist.

Dieser Darstellung der Kohlenstoffdiskussion halten Kritiker meist folgende Vorbehalte entgegen: 1. Jede noch so kleine Massnahme sei wichtig, weil deren Summe letztlich doch zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen würde. 2. Wir müssten das Problem jetzt angehen und könnten

nicht zuwarten. Selbst «buying time»<sup>4</sup> durch periodische Unternutzung müsse ausgenutzt werden [18]. Beides erachte ich als gefährlich: Die kleinen Massnahmen suggerieren der Öffentlichkeit und der Politik, es gebe «grüne» Wege, das Problem anzugehen. «Buying time» ist nichts anderes als das Problem den Kindern und Enkelkindern zuzuschieben. Es gilt also, die minimalen Effekte der biologischen Optionen zur C-Bindung zu erkennen und noch ernsthafter Energie zu sparen. ■

**Prof. Dr. Christian Körner** studierte Biologie und Geowissenschaften an der Universität Innsbruck(A). 1989 wurde er Ordinarius für Botanik an der Universität Basel. Er ist einer der fünf Autoren des Strasburger, des Standardlehrbuchs im Fach Botanik des Biologiestudiums. Körners Forschungsschwerpunkte sind die Experimentelle Ökologie der Pflanzen, insbesondere der Pflanzen in Hochgebirge und Forstbereich. Seit 2014 ist Christian Körner emeritiert. [ch.koerner@unibas.ch](mailto:ch.koerner@unibas.ch)



# «Lonza-Gärten»: Flickwerk statt echte Sanierung?

Martin Forter, AefU

Der Chemie- und Pharmakonzern Lonza hatte die «Quecksilbergärten» im Wallis unseriös untersucht. Jetzt scheint die Firma auch nur halbpäzsig aufzuräumen. Die AefU und der WWF Oberwallis halten dagegen.

Im September 2014 und im April 2015 haben die AefU und der WWF Oberwallis mit eigenen Analysen gezeigt: Die Lonza AG und das von ihr beauftragte Ingenieurbüro Arcadis (ehemals BMG) hatten die mit Quecksilber verschmutzten Gärten in Visp und Raron (VS) nicht seriös genug untersucht. In angeblich unbelasteten Gärten fanden sich z. T. hohe Quecksilberkonzentrationen. Die AefU verlangten erfolgreich, dass die Lonza eine systematische Nachuntersuchung vornimmt.

## Umweltverbänden lagen richtig

Die Dienststelle für Umweltschutz (DUS) des Kantons Wallis bestätigt nun die Kritik von AefU und WWF. Den EigentümerInnen der Quecksilbergärten schreibt sie im Februar 2017: Es müsse «davon ausgegangen werden, dass es auch auf Parzellen, bei denen bisherige Untersuchungen eine Belastung unter 2 mg Hg/kg gezeigt haben, noch sanierungspflichtige Flächen geben kann»

Die AefU kümmern sich seit 2014 um die Quecksilberschmutzung im Wallis, die der Weltkonzern Lonza verantwortet. Eigene Analysen in Zusammenarbeit mit dem WWF Oberwallis haben erst die Dimensionen dieser grösstflächigen Bodenvergiftung der Schweiz und viele Ungereimtheiten bei den Vorbereitungen der Aufräumarbeiten ans Licht geholt. AefU und WWF verlangen die vollständige Sanierung der Quecksilbergärten auf Kosten der Lonza.

**Mehr zum Thema Quecksilberschmutzung im Wallis unter [www.aefu.ch/lonza](http://www.aefu.ch/lonza).**



Sanierung eines mit Quecksilber belasteten Kinderspielfeldes in Visp (VS) durch die Verursacherin Lonza, im April 2017. © OEKOSKOP

– also solche mit über 2 mg Quecksilber pro Kilogramm Boden. D. h., alle Gärten, die Verschmutzungen zeigten, könnten theoretisch über dem Sanierungswert liegen. Peinlich: Die Lonza, der selbsternannte «globale Leader in Life-Sciences» war in den letzten drei Jahren nicht in der Lage, seine Quecksilberschmutzung rund um Visp und Raron zuverlässig zu erfassen. Die DUS kündigte weitere Untersuchungen an.

## Mehr Untersuchungen oder ein Sicherheitsfaktor

Die AefU und der WWF fordern vom Verwaltungsratspräsidenten der Lonza, Rolf Soiron, dass der Konzern wahlweise:

- die rund hundert Parzellen, die er bisher als nicht sanierungsbedürftig klassierte, intensiv nachuntersucht (eine Probe pro Quadratmeter), um so die Heterogenität der Verschmutzung zuverlässiger zu erfassen;

- einen Sicherheitsfaktor einbaut, um der sehr ungleichen Verteilung der Verschmutzung innerhalb der Gärten gerecht zu werden. Gärten, deren Bodenproben mit – je nach Vorgehen – 0.5 bzw. 1 mg Hg/kg belastet sind, soll die Lonza vollständig sanieren.

## Geteilte Gärten – zerstückelte Sicherheit

Die Lonza räumt inzwischen zwar ein, dass sie unterschätzt hat, wie kleinräumig heterogen ihre Quecksilberschmutzung ist. Gleichzeitig entsteht der Eindruck, sie wolle die Gärten mit einer Belastungen über der Sanierungsschwelle nicht mehr vollständig sanieren. Sie scheint nur noch jene Teilfläche ausheben zu wollen, aus denen die übermässig belasteten Bodenproben stammen. Mit diesem Vorgehen ist nicht garantiert, dass unerkant gebliebene Verschmutzungsstellen auch ausgeräumt werden.

Die AefU kritisierten dies im Januar 2017 an einer Sitzung der «Informations- und Austausch-Plattform Quecksilber» mit Vertretern von Lonza und DUS scharf. Sollte die DUS das Teilflächen-Vorhaben der Lonza genehmigen, werden die AefU und der WWF nach den Sanierungsarbeiten wiederum eigene Analysen vornehmen. ■

Der Geograf **Dr. Martin Forter** ist Geschäftsleiter der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU). Als technischer Experte begleitet er u. a. für Greenpeace Sanierungen von Chemiemülldeponien, z. B. seit 18 Jahren den Totalaushub in Bonfol (JU). [info@aefu.ch](mailto:info@aefu.ch), [www.aefu.ch](http://www.aefu.ch)



# Terminkärtchen und Rezeptblätter für Mitglieder: Jetzt bestellen!



## Liebe Mitglieder

Sie haben bereits Tradition und viele von Ihnen verwenden sie: unsere Terminkärtchen und Rezeptblätter. Wir geben viermal jährlich Sammelbestellungen auf.

**Für Lieferung Mitte August 2017 jetzt oder bis spätestens 31. Juli 2017 bestellen!** Mindestbestellmenge pro Sorte: 1000 Stk.

**Preise** Terminkärtchen: 1000 Stk. CHF 200.-; je weitere 500 Stk. CHF 50.-  
Rezeptblätter: 1000 Stk. CHF 110.-; je weitere 500 Stk. CHF 30.-  
Zuzüglich Porto und Verpackung. Musterkärtchen: [www.aefu.ch](http://www.aefu.ch)

Dr. med. Petra Muster-Gültig  
Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH  
Beispielstrasse 345  
CH-6789 Hinweis  
Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ  
MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT  
MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: Im Veränderungsfall bitte 24 Std. vorher beschriften

	Datum	Zeit
Montag	_____	_____
Dienstag	_____	_____
Mittwoch	_____	_____
Donnerstag	_____	_____
Freitag	_____	_____
Samstag	_____	_____

**Leben in Bewegung**  
Rückseite beachten!

**Das beste Rezept für Ihre Gesundheit und eine intakte Umwelt!**

Bewegen Sie sich eine halbe Stunde im Tag: zu Fuss oder mit dem Velo auf dem Weg zur Arbeit, zum Einkaufen, in der Freizeit.

So können Sie Ihr Risiko vor Herzinfarkt, hohem Blutdruck, Zuckerkrankheit, Schlaganfall, Darmkrebs, Osteoporose und vielem mehr wirksam verkleinern und die Umwelt schützen.

**Eine Empfehlung für Ihre Gesundheit**

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz  
Postfach 620, 4019 Basel  
Tel. 061 322 49 49 [www.aefu.ch](http://www.aefu.ch), [info@aefu.ch](mailto:info@aefu.ch)

Dr. med. Petra Muster-Gültig  
Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH  
Beispielstrasse 345  
CH-6789 Hinweis  
Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ  
MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT  
MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: Im Veränderungsfall bitte 24 Std. vorher beschriften

	Datum	Zeit
Montag	_____	_____
Dienstag	_____	_____
Mittwoch	_____	_____
Donnerstag	_____	_____
Freitag	_____	_____
Samstag	_____	_____

**Luft ist Leben!**  
Rückseite beachten!

**Stopp dem Feinstaub! (PM 10)**

**Feinstaub** macht krank  
**Feinstaub** setzt sich in der Lunge fest  
**Feinstaub** entsteht vor allem durch den motorisierten Verkehr

Zu Fuss, mit dem Velo oder öffentlichen Verkehr unterwegs:  
**Ihr Beitrag für gesunde Luft!**

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz  
Postfach 620, 4019 Basel

Dr. med. Petra Muster-Gültig  
Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH  
Beispielstrasse 345  
CH-6789 Hinweis  
Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ  
MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT  
MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: Im Veränderungsfall bitte 24 Std. vorher beschriften

	Datum	Zeit
Montag	_____	_____
Dienstag	_____	_____
Mittwoch	_____	_____
Donnerstag	_____	_____
Freitag	_____	_____
Samstag	_____	_____

**für weniger Elektromog**  
Rückseite beachten!

**Weniger Elektromog beim Telefonieren und Surfen**

- ☺ Festnetz und Schnurtelefon
- ☺ Internetzugang übers Kabel
- ☺ nur kurz am Handy – SMS bevorzugt
- ☺ strahlenarmes Handy
- ☺ Head-Set
- ☺ Handy für Kinder erst ab 12

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz  
Postfach 620, 4019 Basel  
Tel. 061 322 49 49  
[info@aefu.ch](mailto:info@aefu.ch)  
[www.aefu.ch](http://www.aefu.ch)

## Bestell-Talon

Einsenden an: Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz,  
Postfach 620, 4019 Basel, Fax 061 383 80 49

### Ich bestelle:

- \_\_\_\_\_ Terminkärtchen «Leben in Bewegung»  
\_\_\_\_\_ Terminkärtchen «Luft ist Leben!»  
\_\_\_\_\_ Terminkärtchen «für weniger Elektromog»  
\_\_\_\_\_ Rezeptblätter mit AefU-Logo

Folgende Adresse à 5 Zeilen soll eingedruckt werden  
(max. 6 Zeilen möglich):

Name / Praxis \_\_\_\_\_

Bezeichnung, SpezialistIn für... \_\_\_\_\_

Strasse und Nr. \_\_\_\_\_

Postleitzahl / Ort \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

KSK.Nr.: \_\_\_\_\_

EAN-Nr.: \_\_\_\_\_

Ort / Datum: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_



AZB  
CH-4019 Basel  
P.P. / Journal



Adressänderungen: Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz, Postfach 620, 4019 Basel



oekoskop

Fachzeitschrift der Ärztinnen  
und Ärzte für Umweltschutz

Postfach 620, 4019 Basel, PC 40-19771-2

Telefon 061 322 49 49

Telefax 061 383 80 49

E-Mail info@aefu.ch

Homepage www.aefu.ch

## Impressum

### Redaktion:

- Stephanie Fuchs, leitende Redaktorin  
AefU, Postfach 620, 4019 Basel, oekoskop@aefu.ch
- Dr. Martin Forter, Redaktor / Geschäftsführer AefU, Postfach 620, 4019 Basel

**Papier:** 100% Recycling

**Artwork:** CHE, christoph-heer.ch

**Druck/Versand:** Gremper AG, Pratteln/BL

**Abo:** CHF 40.- / erscheint viermal jährlich > auch für NichtmedizinerInnen

Die veröffentlichten Beiträge widerspiegeln die Meinung der VerfasserInnen und decken sich nicht notwendigerweise mit der Ansicht der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz. Die Redaktion behält sich Kürzungen der Manuskripte vor. © AefU