

DAS MAGAZIN DER  
BAYERISCHEN STAATSFORSTEN  
12/JULI 2014



# Klimawald

**EDITORIAL** ..... 03

**NUTZEN UND SCHÜTZEN** ..... 04  
Was macht unsere Wälder aus?

**SEGEN UND FLUCH** ..... 10  
Warum hat die Natur uns CO<sub>2</sub> geschenkt?

**CO<sub>2</sub>-KREISLAUF** ..... 14  
Infografik: Wie funktioniert der CO<sub>2</sub>-Kreislauf?

**INTERVIEW** ..... 16  
Speichert jeder Wald gleich viel CO<sub>2</sub>?

**BILANZ ZIEHEN** ..... 20  
Infografik: Wieviel CO<sub>2</sub> steckt im Haushalt?

**KULINARISCHES AUS DEM WALD** ..... 22  
Klimafreundlich essen – geht das?

**EXPERTENMEINUNG** ..... 28  
Welche Klimawandelauswirkungen sieht man schon?

**WALDUMBAU** ..... 30  
Wie kommen unsere Wälder mit dem Klimawandel zurecht?  
Infografik: Neue Wälder kriegt das Land

**AUF DEM PRÜFSTAND** ..... 36  
Wie gut ist unsere Luft?

**WALDSPAZIERGANG** ..... 42  
Peter Brugger im Gespräch

**HANDELN FÜR'S KLIMA** ..... 48  
Was ist Emissionshandel?  
Infografik: Der Emissionshandel

**KLIMAGESCHICHTEN** ..... 52  
Hätten Sie es gewusst?

**LETZTE SEITE** ..... 54  
Der Wald der Feigenblätter

**IMPRESSUM** ..... 55



**KLIMAWALD INTERAKTIV**  
als E-Magazin auf [www.baysf.de](http://www.baysf.de),  
im AppStore und im PlayStore



**WIE GUT IST UNSERE LUFT?**  
Seite 36



**„ICH HATTE EINE SPITZENKINDHEIT IM WALD.“**  
Seite 42



**WAS MACHT UNSERE WÄLDER AUS?**  
Seite 4

**Klimawandel geht uns alle an!** Es ist ein globales Thema, das viele Fragen aufwirft; einige davon stellen wir in diesem Magazin. Vor allem einem Treibhausgas mit besonders schlechtem Image, dem CO<sub>2</sub>, widmen wir uns dabei. Und haben festgestellt, dass es hauptsächlich auf die Menge ankommt. Mehr dazu finden Sie auf Seite 10. Wälder nehmen CO<sub>2</sub> auf und binden den Kohlenstoff und das ist gut für das Klima. Auf Seite 16 erfahren Sie, warum bewirtschaftete Wälder einen größeren Beitrag zum Klimaschutz leisten als unbewirtschaftete. Denn Kohlenstoff wird beim Wachsen der Bäume gebunden und bleibt dort auch, wenn das geerntete Holz den Wald verlässt und zum Beispiel zu einem Stuhl verarbeitet wird. Sie haben mehr als einen Holzstuhl und fragen sich, wie viel CO<sub>2</sub> in Ihrem Haushalt steckt? Lesen Sie mehr dazu ab Seite 20. Außerdem verraten wir Ihnen, mit welchen Rezepten Sie Ihre persönliche CO<sub>2</sub>-Bilanz verbessern können (Seite 22). Gemeinsam mit Peter Brugger, dem Sänger der Band Sportfreunde Stiller, spazieren wir durch den Wald. Im Interview erzählt er uns, was er macht, wenn ihm die Luft mal wegbleibt und wie er seine Kindheit im Wald verbracht hat (Seite 42). Übrigens: Hätten Sie gewusst, dass die Größe unseres Gehirns mit dem Klimawandel zu tun hat? Nicht? Diese und weitere erstaunliche Geschichten rund um den Klimawandel erwarten Sie in diesem Magazin.



**KLIMA-FREUNDLICH ESSEN – GEHT DAS?**  
Seite 22

#### WARUM IST NATUR- VERJÜNGUNG FÜR DEN KLIMAWALD WICHTIG?

Wenn Bucheckern vom Baum gefallen sind und keimen, spricht der Förster von Aufschlag. Damit ist eine Naturverjüngung gemeint, die aus Samen entstanden ist, die nicht flugfähig sind. Von Anflug spricht er hingegen, wenn für die Naturverjüngung die Bäume verantwortlich sind, deren Samen mit dem Wind verbreitet werden. Solche Leichtgewichte bildet zum Beispiel die Weißtanne. Praktisch an der Naturverjüngung ist, dass sie nichts kostet. Die Natur richtet es. Und das nicht schlecht, immerhin wachsen Bestände nach, die bereits an den Wuchs-ort angepasst sind. Manchmal müssen wir aber auch ein wenig nachhelfen und so wie hier Tannen in Fichtenbestände pflanzen. Auf diese Weise verändern sich auch Bayerns Wälder Stück für Stück: Aus Reinbeständen werden stabile und strukturreiche Mischwälder. Klar ist aber auch, dass Reh- und Rotwild reguliert werden müssen, damit sich der Wald natürlich verjüngen darf. Jagd wird so zum Geburtshelfer einer neuen Waldgeneration.

## WARUM GEHÖRT ZU EINEM LEBENDEN WALD AUCH DER TOD DAZU?

Tod ist Leben. Was sich paradox anhört, löst sich auf, sobald man genau hinschaut. In dem alten, längst abgestorbenen Baum, in dem verrottenden Stamm, der da am Boden liegt, pulsiert es regelrecht. In dem Pflanzenkadaver haben sich unzählige Arten zusammengefunden. Es ist eine morbide WG unterschiedlichster Organismen, die alle letztendlich ein Ziel vereint: die Nährstoffe, die der Baum im Laufe seines Lebens gebunden hat. Dafür hat jeder Organismus seine Nische besetzt: Pilze zersetzen das alte Holz, Insekten fressen Gänge in die Jahrringe und werden nicht selten selber gefressen, von Vögeln etwa. Und schließlich finden sich an Totholz auch Spechte, Eulen, Fledermäuse, Marder – sie alle leben im und vom Verblichenen.

#### WARUM IST EIN KLUGES WEGENETZ GUT FÜR UNSEREN WALD?

Unser Wald ist weit von einem Urwald entfernt. In Jahrhunderten wurde er durch uns Menschen geformt. Manchmal hat er uns Nahrung gebracht, weil wir in ihm jagten oder unser Vieh hineintrrieben. Aber immer gab er den Menschen Wärme und ein Dach über dem Kopf. Holz zum Kochen und Heizen. Holz zum Bauen und für die Dinge des Alltags. Woraus sollte ein gemütlicher Stuhl sein? Stein? Nein. Und auch heute kommen wir nicht ohne den nachwachsenden Rohstoff aus. Der Schlüssel dazu ist die fachgerechte Erschließung, also die Lösung der Frage, wie das Holz aus dem Wald geschafft wird. Die moderne, naturnahe Forstwirtschaft setzt dafür auf ein ausgeklügeltes Netz von Rückegassen, Wegen und Forststraßen. Die Erschließung erfolgt dabei immer nach dem Grundsatz: so viel wie nötig, aber so wenig wie möglich. Und so werden rund 85 Prozent der Waldfläche nicht befahren. Damit ist die Versorgung gesichert und der Wald wird geschont.

# Warum hat uns die Natur das CO<sub>2</sub> geschenkt?

TEXT — PETER LAUFMANN

**Kohlendioxid. Klimakonferenzen, Parlamente, Umweltschützer, Autofahrer – alle beschäftigen sich damit, wie man dieses Gas aus der Welt schaffen kann. Doch CO<sub>2</sub> ist alles andere als Abfall. Es ist der Stoff, der unseren Planeten erst lebenswert macht. Ohne ihn hätten wir nur eine ungastliche Steinmurmur zur Heimat. Schlimmer, es gäbe uns nicht einmal.**



Die Erde glich sehr lange Zeit eher einer Hölle als einem Paradies. Kohlendioxid hat einen wichtigen Beitrag geleistet, dass sie zu einem Garten Eden wurde.

# M

Man kann es als Laune der Natur betrachten. Das wäre fatalistisch. Man kann es als das Ergebnis einer einfachen, chemisch-biologischen Reaktion sehen. Das wäre nüchtern. Man kann es aber auch als ein Geschenk sehen. Etwa, wenn man an einem schönen Sommertag einen ersten, kräftigen Schluck aus der Mass nimmt. Das Glas geht zum Mund und der goldfarbene Gerstensaft gleitet die Kehle hinab. Der erste Schluck ist ja immer der beste. Kühl, herb und prickelnd. Was da im Bier, in der Limonade oder im Sprudelwasser das feine Prickeln auf der Zunge hervorruft, ist einer der wichtigsten Stoffe des Planeten. Gleichzeitig einer der umstrittensten, denn er steht als Hauptschuldiger des menschengemachten Klimawandels am Pranger. Die Rede ist von Kohlendioxid, kurz und chemielehrergerecht: CO<sub>2</sub>.

Es ist Zeit, das CO<sub>2</sub> als das zu betrachten, was es ist: Es wärmt uns, hat sogar das Leben auf dem Planeten ermöglicht und hält es am Laufen. Das Molekül ist im Grunde ein Glücksfall für unseren Planeten. Mit einem kleinen „aber“.

Im Mai 2013 wurde in der Atmosphäre erstmals seit dem Beginn moderner Messungen die Marke von 400 ppm CO<sub>2</sub> erreicht, also „parts per million“. Das ist die Menge, die Klimaforschern den Angstschweiß auf die Stirn treibt. Hinter der 400 verbirgt sich ein Kohlendioxid-Anteil in der Atmosphäre von gerade einmal 0,04 Prozent. In der Schule haben wir noch gelernt, bei 300 ppm läge der Wert. Egal wie, er scheint zu winzig, um überhaupt Folgen haben zu können. Doch Forscher warnen, dass dieser Wert dramatisch sei. Seit Millionen Jahren wäre nicht mehr so viel CO<sub>2</sub> in der Luft gewesen. Mit Folgen, die wir kaum abschätzen können. Natürlich. Die ganze Erdgeschichte hindurch hat es immer Schwankungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre gegeben. Mal gab es viel CO<sub>2</sub>, mal gab es wenig, der Planet hat sich darauf eingestellt. Jetzt scheint es, als ob wir, eine relativ junge Spezies, kräftig am natürlichen Gefüge gedreht hätten.

Seit dem ersten Erdgipfel in Rio vor mehr als 20 Jahren beschäftigen sich zahllose internationale Konferenzen, Expertenrunden und Umweltschützer damit, wie man dieses scheinbar tückische, hinterlistige und hochgefährliche Gas unter Kontrolle bekommt.

Es wird diskutiert, wie viel davon in der Atmosphäre tolerabel sei. In den Meeren. Wie viel kann unser Planet schlucken? Welche Rolle spielen Wälder in der Rechnung? Und schließlich die Frage, die den heftigsten Streit auslöst: Wie viel darf jeder Mensch an Kohlendioxid produzieren, indem er lebt, konsumiert, in die Ferien fliegt oder Leberkäse isst? Autobauer und Energiekonzerne feilschen um jedes Gramm, das sie extra in die Atmosphäre bringen können. Wissenschaftler

arbeiten fieberhaft an Wegen, das Gas wieder einzufangen. Und der Mann beziehungsweise die Frau von der Straße? Deren Vorstellung von CO<sub>2</sub> ist in der Regel so diffus wie ihre Vorstellung von der indischen Cricket-Liga.

Es scheint, als ob CO<sub>2</sub> zwei Gesichter hat. Dafür ist hilfreich, wenn man sich die Verbindung zunächst einmal genauer ansieht: Es ist ein natürlich vorkommendes Gas, kein von Menschen konstruierter Giftcocktail. Es ist schwerer als Luft, und kann sich bei unbewegter Luft in Bodensenken, Gruben oder Kellern sammeln. Dort kann es für uns tödlich sein. Normalerweise wird es aber von der allgemeinen Luftverwirbelung bis hoch hinauf in die Atmosphäre getragen.

Wie die Formel schon sagt, besteht das Gas aus einem Teil Kohlenstoff, das C kommt vom lateinischen Wort Carbonium, und zwei Teilen Sauerstoff, dem Oxygenium. Einfach gesprochen sieht das Molekül wie ein V aus. Seine Gestalt macht ihn zum Faktor im Klimageschehen. Denn während das Molekül kurzwellige Strahlung, wie sie von der Sonne kommt, ungehindert durchlässt, hält es die langwellige Strahlung zurück. Ohne diese Wärmedecke hätten wir auf der Erde statt einer durchschnittlichen Temperatur von plus 15 Grad minus 18 Grad! Der Anteil von Sauerstoff und Kohlenstoff in der Lufthülle schwankte zum Teil dramatisch. Und man muss weit in der Erdgeschichte zurückgehen, um das erste Kapitel der Geschichte des CO<sub>2</sub> verstehen zu können. Zunächst hat das Molekül keine Rolle gespielt. Als die Erde vor rund 4,6 Milliarden Jahren entstand, gab es zwar eine Protoatmosphäre, die aber keinerlei Ähnlichkeit mit der freundlichen Lufthülle von heute hatte. Der ganze Planet war eher Hölle als Himmel. Eine Welt aus Feuer, auf die zahllose herumvagabundierende Himmelskörper aus dem noch jungen Sonnensystem eindroschen. 180 Grad war es an der Oberfläche heiß und umgeben war das irdische Inferno von einer Mischung aus Wasserstoff, Helium, Ammoniak, Methan und einigen Edelgasen. Ein Mensch hätte nicht einmal lange genug überlebt, um zu husten.

Mit der Zeit wurden die Einschläge aus dem Weltall weniger, die Erde kühlte sich langsam ab. Doch das Lebensfeindliche regierte noch die Welt, denn immer wieder brachen Vulkane aus und die innere Gestalt der Erde wandelte sich. Dadurch gewannen in der Atmosphäre andere Gase die Oberhand. Vor vier Milliarden Jahren bestand sie zu gut 80 Prozent aus Wasserdampf. Nur die Hitze verhinderte, dass der Wasserdampf nicht kondensierte und herunterfiel.

Und noch ein anderer Mitspieler hatte seine erste wichtige Rolle: Kohlendioxid. Das Gas entstand bei den Vulkanausbrüchen, machte bald zehn Prozent der Lufthülle aus. Der Rest verteilte sich auf Schwefelwasserstoff, Stickstoff, Wasserstoff. Gekratzt hat das niemanden, denn es gab nicht einmal den Urahn einer Amöbe, der das hätte registrieren können.

Der Gehalt an CO<sub>2</sub> bestimmt, wie warm es auf der Erde wird. Als er sank, verwandelte sich der Planet in einen Eiswürfel. Heute steigt er – das Eis geht zurück.



Die Ozeane nehmen gewaltige Menge Kohlendioxid auf. Damit werden sie zum Puffer der Atmosphäre, so sinkt aber auch deren pH-Wert. Und das macht Schalentieren Probleme.

Irgendwann war die Erde kühl genug, sodass die Atmosphäre einen wichtigen Schritt tun konnte. Der Wasserdampf bildete Wolken, Gewitter ungeheuren Ausmaßes entluden sich und die Sintflut brach herein. Schätzungsweise 40 000 Jahre lang regnete es ununterbrochen und als am Ende die Sonne wieder am Horizont auftauchte, spiegelten die neuen Ozeane ihr Licht. Der Regen hatte außerdem Unmengen CO<sub>2</sub> in die Meere gespült und so deren pH-Wert verändert. Einfach gesprochen, wurde aus den Meeren Sprudelwasser mit Kohlensäure.

Das war der Cocktail, in dem Leben entstehen konnte. Klar ist: Ohne den Regen und das CO<sub>2</sub> hätte es keine Ursuppe gegeben. Hier entstanden die ersten organischen Verbindungen, die sich Stück für Stück zu längeren und komplexeren Molekülen verbanden. Und nach Millionen von Jahren, in denen die Natur damit experimentierte, bildeten die ersten echten Lebensformen, nämlich Cyano-Bakterien und bald auch primitive Algen, den für uns lebenswichtigen Sauerstoff.

Natürlich schwankte der Gehalt der verschiedenen Gase in der Atmosphäre immer wieder. Der Kohlendioxid-Anteil war dabei sowohl Folge als auch Auslöser dramatischer, global wirksamer Ereignisse. Beim Auf und Ab des CO<sub>2</sub> greifen komplexe Wechselwirkungen ineinander. Und jeder Steigerung des CO<sub>2</sub>-Anteils in der Luft folgt ein Mechanismus, der den Anteil wieder reduziert. Denn während Vulkanausbrüche den CO<sub>2</sub>-Anteil vergrößerten, verringerte Pflanzenwachstum ihn. Er war und ist die entscheidende Komponente im Klimageschehen.

Einfach gesagt: Sobald weniger CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre ist, kühlt der Planet ab. Zum Beispiel: Vor rund 480 Millionen Jahren war der Kohlendioxid-Gehalt 16 mal höher als heute und die Durchschnittstemperatur lag bei 25 Grad – zehn Grad mehr als heute. Doch dann halbierte sich der CO<sub>2</sub>-Gehalt und die Eiskappen in Arktis und Antarktis wuchsen. Die Ursache ist auf



Durch den höheren Anteil von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre werden die extremen Wetterereignisse zunehmen, befürchten Experten. Blitz und Donner mahnen also zur Sparsamkeit mit allen Ressourcen.

den ersten Blick eher unscheinbar: Moose eroberten das Land und weil sie Nährstoff aus dem Gestein zogen, veränderten sie dessen Oberfläche. Das Kohlendioxid reagierte mit dem Fels und verschwand so Molekül für Molekül aus der Luft. Dabei verwiterte der Fels und das Kohlendioxid verband sich mit anderen Elementen.

Doch dann gab es wieder Vulkanausbrüche, die unvorstellbare Mengen Kohlendioxid in die Atmosphäre pumpten. Damals war die Erde viel unruhiger und aktiver als heute. Vor rund 200 Millionen Jahren lag der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre bei 3000 ppm. Das heißt, auf eine Millionen Luftteilchen kamen 3000 Teilchen CO<sub>2</sub>. Hört sich überschaubar an, zeigt aber, dass vergleichsweise geringe Mengen eine gewaltige Rolle im Klimageschehen der Erde spielen können. Das war eine Zeit, in der der Planet mal wieder wesentlich wärmer war als heute. Die Dinosaurier hatten gerade erst die Weltbühne betreten und schickten sich an, die Hauptrolle zu spielen.

Doch auch diese Wärme dauerte nicht an. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt sank wieder, weil organisches Material und damit Kohlendioxid aus dem Kreislauf verschwand. Nicht verrottendes organisches Material ist dabei der Schlüssel, denn Kohle und Erdöl sind nichts anderes als vor Urzeiten festgelegtes Treibhausgas. Eine unter Sand und Schlamm verschlossene CO<sub>2</sub>-Bank sozusagen. Der Kohlendioxid-Gehalt erreichte sogar 200 ppm – halb so viel wie heutzutage.

Das letzte Eiszeitalter brach an und die Kälte vertrieb die Wälder aus großen Teilen Europas. Aber auch das ging natürlich vorbei, die Erde erwärmte sich wieder, der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft nahm wieder zu. Die Gletscher zogen sich von dort zurück, wo heute Berlin und Hamburg liegen. Birken, Kiefern, Buchen und Eichen kehrten wieder zurück. 10 000 Jahre ist das nun her. Und 10 000 Jahre lang blieb der Kohlendioxid-Gehalt der Luft nahezu stabil und bescherte uns in dieser Zeit ein gleichmäßiges, optimales Klima, in dem der Mensch die Gelegenheit nutzte und aus seiner Höhle herauskam. Wir wurden Bauern,

gründeten Städte, rodeten Wälder, veränderten das Antlitz des Planeten. Aber um am CO<sub>2</sub>-Gehalt zu drehen, hatten wir die längste Zeit nicht die Macht.

Wir wissen das, weil es auf der Erde natürliche Chroniken gibt, die festhalten, was passiert. Man muss diese Bücher nur zu lesen wissen. Sedimente, also die Ablagerungen von Sand, Schlamm oder Muschelschalen sind dabei die ältesten Archive. Sie helfen am weitesten in die Vergangenheit zu schauen und zwar rund eine halbe Milliarde Jahre. Allerdings liefern Eisbohrkerne aus Grönland und vor allem der Antarktis bessere Daten. Nur nicht über einen so langen Zeitraum. Mittlerweile konnten Wissenschaftler mit dieser Methode immerhin 800 000 Jahre in die Vergangenheit blicken. Das uralte Eis besteht aus Schnee, der gefallen ist, als an unsere Spezies nicht einmal zu denken war. Mit dem Schnee sind damals Proben der Atmosphäre jener Zeit eingeschlossen worden. Heute muss man sie nur an die Oberfläche holen und die Luft von damals analysieren. Und deswegen weiß man, dass wir seit der Eiszeit einen Gehalt von gut 280 ppm CO<sub>2</sub> pro Kubikmeter Luft hatten. Die Natur hatte bei diesem Wert offenbar ein natürliches Gleichgewicht erreicht. Das änderte sich erst Mitte des 18. Jahrhunderts. Wir schufen Industrie, nutzten Kohle, später Erdöl und damit wurde Kohlendioxid wieder ans Tageslicht gebracht, welches im Falle der Kohle vor gut 300 Millionen und im Falle des Öls vor wenigstens 100 Millionen Jahren unter der Erdoberfläche fixiert wurde. Die Natur hatte es durch Pflanzen und Mikroben gebunden und vergraben, wir graben es wieder aus und verfeuern es. Damit steigern wir den CO<sub>2</sub>-Gehalt. Und zwar immer schneller. Heute sind es eben rund 400 ppm – und damit soviel wie seit wenigstens 800 000 Jahren nicht mehr, manche Experten vermuten sogar, dass es seit 20 Millionen Jahren nicht mehr so viel war.

Dass dieser Weg zu einem menschengemachten Klimawandel führt, ist mittlerweile unumstritten. Selbst Skeptiker mahnen, dass wir sparsamer mit den fossilen Ressourcen umgehen sollten. Mit dem Nebeneffekt, dass auch weniger CO<sub>2</sub> produziert würde. Doch bislang bestimmt immer noch ungebremstes Wachstum die Richtung. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß nimmt immer noch zu, weil weder die alteingesessenen Industrieländer in Amerika und Europa sich zurücknehmen wollen, noch die im Aufstreben begriffenen Schwellenländer wie China und Indien, die dem westlichen Niveau hinterhereilen. Allein im vergangenen Jahr produzierte die Menschheit 36 Milliarden Tonnen Kohlendioxid – Rekord!



Wälder sind Kohlenstoffspeicher. In ihrem Holz lagern sie Unmengen des Elements ein – und da bleibt es, auch wenn man den Rohstoff etwa zu Tischen und Stühlen verbaut.



Straßenverkehr ist einer der Hauptverursacher von CO<sub>2</sub>. Indem wir Erdöl verbrauchen, schießen wir vor Jahrmillionen festgelegtes Kohlendioxid wieder in die Atmosphäre.

Im Vergleich zur Natur sind unsere CO<sub>2</sub>-Umsätze dennoch minimal. 97 Prozent des in die Luft entweichenden CO<sub>2</sub> sind natürlichen Ursprungs. Vergessen sollte man nämlich nicht, dass auch Pflanzen atmen, das heißt, auch sie verbrauchen Sauerstoff. Auch wenn abgestorbene Pflanzen wieder verrotten, wird Kohlendioxid wieder frei. Der große Unterschied zu „unserem“ CO<sub>2</sub> ist: Die 97 Prozent der Natur verschwinden auch wieder auf natürliche Weise. Pflanzen und gerade Bäume nutzen das Gas, um daraus mit Hilfe des Sonnenlichts Zucker herzustellen. Kohlendioxid ist damit der ultimative Grundbaustein allen Lebens. Der „Abfall“, der dabei anfällt, nämlich Sauerstoff, erlaubt es uns selbst zu leben.

Auch wenn wir nur drei Prozent zur jährlichen Bilanz beitragen – unser Einfluss dadurch ist enorm. Und die Erdgeschichte zeigt, wie selbst kleinere Veränderungen im Gefüge der Atmosphäre große Veränderungen in den Lebensbedingungen aller nach sich ziehen. Da wären die Meere: Mehr CO<sub>2</sub> in der Luft bedeutet, dass sich auch mehr CO<sub>2</sub> in den Meeren löst. Die Ozeane nehmen zwar etwa ein Viertel dessen auf, was unsere Autos oder Kraftwerke Tag für Tag in die Luft pusten. Aber das bedeutet, dass das Wasser mehr Kohlensäure enthält, also saurer wird. Und das ist nicht gut für Muscheln, Seesterne oder Schnecken, denn deren Gehäuse bestehen aus Kalk. Jeder, der einmal einen verkalkten Wasserkocher mit einer Zitrone gereinigt hat, weiß wie effektiv das ist und kann sich vorstellen, was saureres Wasser mit Muschelschalen anstellen kann. Sie lösen sich buchstäblich auf.

Mit steigendem CO<sub>2</sub>-Gehalt wird sich auch die Durchschnittstemperatur erhöhen. Um wie viel genau, ist schwer zu sagen, je nach dem welche Modelle man sich anschaut. Doch mit steigenden Temperaturen geht eine ganze Kaskade von Veränderungen einher. Die augenscheinlichsten sind extreme Wetterereignisse, die selbst uns in Mitteleuropa treffen können. Die wärmsten Jahre und heftigsten Stürme fallen nahezu alle in die letzte Dekade.

Doch Fatalismus ist nicht die richtige Strategie, denn wir könnten nicht nur unsere CO<sub>2</sub>-Produktion senken. Große Mengen des Gases werden von Mooren und vor allem Wäldern aufgenommen und gespeichert. Und damit nicht genug. Durch geschicktes Management der Wälder, kann diese Speicherung erhöht werden. Wird Holz genutzt, um daraus Parkettböden, Frühstücksbrettchen oder Bücher zu machen, bleibt der Kohlenstoff gebunden und so länger gespeichert. Und wenn am Ende das Holz verbrannt wird, dann wird auch nur soviel CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre entlassen, wie vorher beim Wachstum entnommen wurde. Über die Bewirtschaftung von Wäldern kann so mehr und länger Kohlenstoff gespeichert werden als in natürlichen Wäldern. Alle Wälder in Deutschland nehmen 15 Prozent unserer Kohlendioxid-Emissionen aus der Atmosphäre auf. Es ist eine wachsende Klimawandelrückversicherung.

Übrigens: Wissenschaftler gehen davon aus, dass in nicht einmal 400 000 Jahren die Natur den Kohlenstoffkreislauf wieder auf Werte bringen könnte, wie sie waren, bevor wir unsere Finger im Spiel hatten.

**DREI PROZENT ZU VIEL**

Auch wenn die Menschheit nur drei Prozent zum globalen CO<sub>2</sub>-Kreislauf beiträgt, sind es diese drei Prozent, die dem System Probleme machen. Dabei ist die Menge des CO<sub>2</sub> pro Kopf höchst unterschiedlich. Ein Mensch aus Katar verursacht pro Jahr 40 Tonnen CO<sub>2</sub>, einer aus Burundi nur 0,04 Tonnen.

3%

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

97%

**DER GRUNDBAUSTEIN DER NATUR**

Der natürliche Kreislauf macht 97 Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Bilanz aus. Das heißt, 97 Prozent kommen natürlicherweise in die Atmosphäre – allerdings entzieht die Natur diesen Anteil auch gleich wieder.

**DAS SYSTEM LÄUFT RUND**

Pflanzen nehmen CO<sub>2</sub> auf. Chemisch gesehen reduzieren sie das Oxid, platt gesagt, nehmen sie dem Kohlenstoff den Sauerstoff weg und bauen den Kohlenstoff in ihre eigenen Baupläne ein. Das tun Algen im Meer genauso wie Bäume, Gräser oder Blumen. Das Gas entsteht wieder, wenn die Pflanzen absterben und wieder verrotten. Deswegen sind Wälder und auch Moore so entscheidende Faktoren im CO<sub>2</sub>-Kreislauf. Daneben tritt CO<sub>2</sub> bei Vulkanausbrüchen aus und natürlich bei Bränden. Eine wichtige Komponente dabei sind auch die Meere, denn in den gewaltigen Wassermassen lösen sich sehr große Mengen des Gases.

97%

CO<sub>2</sub>

**DER FORST ALS KLIMASCHÜTZER**

In einem bewirtschafteten Wald wird ein großer Teil des im Holz gebundenen CO<sub>2</sub> einfach aus dem System genommen. Das heißt, es verrottet nicht gleich wieder und das CO<sub>2</sub> wird damit nicht gleich wieder freigesetzt.

**DER SPEICHER FÜR UNS ALLE**

Holz aus nachhaltig genutzten Wäldern zu verwenden, ist wirksamer Klimaschutz. Und es ist auch noch schön. Denn Holz, das im Kamin brennt, erzeugt nur das CO<sub>2</sub>, das vorher gebunden wurde – die Bilanz ist neutral. Und wer Holz in langlebigen Produkten verwendet, verlängert die Speicherung von Kohlendioxid.

**DER ANTEIL DES MENSCHEN**

Menschen wollen Auto fahren, wollen heizen, kochen, Dinge besitzen. Das alles erzeugt Kohlendioxid. Letztendlich zapfen wir fossile, also uralte Wälder und andere vor Urzeiten entstandene Kohlenstoffsenken an. Denn im Grunde sind Erdöl und Kohle nichts anderes als nicht vollständig verrottete Pflanzen beziehungsweise organische Materialien.

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

# Wie funktioniert der CO<sub>2</sub>-Kreislauf?

Leben ist ohne Kohlenstoff undenkbar. Für alle Abläufe, für alle Zellen ist er das essenzielle Element. In riesigen Mengen zirkuliert er in der Atmosphäre, in den Meeren, in allen Tieren und Pflanzen. Und auch für unseren Alltag ist Kohlenstoff unverzichtbar; er garantiert uns Mobilität, Wärme und außerdem ermöglicht er so angenehme Dinge wie ein gutes Buch, einen schönen Stuhl oder eine gemütliche Hütte aus Holz. Allerdings bringen wir das feine Gleichgewicht des eingebauten und freien Kohlenstoffs durcheinander. Mit gravierenden Folgen für uns und den Planeten. Eine Übersicht über die Wege, die Kohlenstoff gehen kann.

ILLUSTRATION — FLORIAN SÄNGER  
TEXT — PETER LAUFMANN



## Speichert jeder Wald gleich viel CO<sub>2</sub>?

**Welcher Wald speichert besonders viel CO<sub>2</sub>? Der Leiter des Thünen-Instituts für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie Matthias Dieter erklärt im Gespräch, warum bewirtschaftete Wälder einen enormen Beitrag zum Klimaschutz leisten und wie man angesichts des Klimawandels für die Zukunft plant.**

FOTOS — BENNE OCHS  
TEXT — CHRISTIAN HEINRICH

# H

**Herr Professor Dieter, manche Arten von Wäldern binden langfristig kaum Kohlendioxid, andere hingegen speichern so viel, dass es sich deutlich auf die weltweite CO<sub>2</sub>-Bilanz auswirkt. Welche Wälder sind besonders klimafreundlich und wie lassen sich die großen Unterschiede erklären?**

Am Anfang binden und speichern alle Bäume Kohlendioxid, in ihrer Wachstumsphase. Doch Jahrzehnte oder auch Jahrhunderte später, am Ende des natürlichen Lebenszyklus, sterben die Bäume ab und am Waldboden sammelt sich sogenanntes Totholz an. Dieses Totholz wird größtenteils zersetzt, dabei entweicht das dort gespeicherte Kohlendioxid wieder in die Luft. In einem Naturwald wird also kaum CO<sub>2</sub> langfristig gespeichert, da sich CO<sub>2</sub>-Speicherung und Freigabe ausgleichen. Bei einem bewirtschafteten Wald hingegen fällt man die Bäume, bevor sie in die Phase kommen, wo sie zersetzt werden und das CO<sub>2</sub> bleibt erst einmal im Holz gespeichert.

**Was passiert, wenn das Holz verarbeitet wird?**

60 Prozent des Holzes in Deutschland wird stofflich verarbeitet, 40 Prozent energetisch. Stofflich bedeutet, dass es meist zum Bauen und Wohnen verwendet wird, für Möbel, Dachstühle, Fensterrahmen. Dadurch nehmen wir gewisse Mengen den Kohlenstoff zusammen mit dem Holz aus dem Wald heraus und bringen ihn in ein Holzprodukt, in dem das CO<sub>2</sub> dann oft für Jahrhunderte gespeichert wird. Wenn Sie sich alte Holzdielen in einem alten Haus anschauen, dann ist darin Kohlendioxid gebunden, das vor 150 Jahren noch in der Atmosphäre war. Das ist der Speichereffekt im Holzprodukt.

**Was geschieht mit dem CO<sub>2</sub>, wenn das Holz energetisch genutzt wird?**

Wenn Holz verbrannt wird, gelangt das gespeicherte CO<sub>2</sub> komplett in die Atmosphäre, da gibt es nichts schön zu reden. Allerdings kommt hier der sogenannte Substitutionseffekt zum Tragen: Wenn wir Holz verbrennen, sparen wir Kohle und andere fossile Brennstoffe für die energetische Nutzung. Würden wir das Holz nicht verbrennen, sondern im Wald als Totholz zersetzen lassen, dann würde das CO<sub>2</sub> aus dem Holz und das CO<sub>2</sub> aus den fossilen Brennstoffen in die Atmosphäre gelangen. Auch bei der stofflichen Nutzung gibt es übrigens einen solchen Substitutionseffekt, der hat den größten Anteil an der klimafreundlichen Wirkung von Holz.

**Wie sieht der aus?**

Wenn wir Holz für Tische, für Fußböden, für Innen- und Außenwände oder Fensterrahmen verwenden, dann ersetzen wir damit Produkte auf Basis von Aluminium, Glas, Stahl, Beton oder Ziegeln, die in der Regel in der Herstellung wesentlich energieintensiver sind. Nehmen wir einmal Fensterrahmen als Beispiel. Die Alternative zu Holzrahmen sind oft Aluminiumrahmen. Für das Aluminium in einem Fensterrahmen wird aber achtmal so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt, wie in einem Holzrahmen gespeichert ist. Im Durchschnitt sparen wir durch die Substitution noch einmal doppelt so viel CO<sub>2</sub> ein, wie in dem verarbeiteten Holz schon gespeichert ist.

**Wenn man alle diese Effekte in allen Wäldern Deutschlands zusammennimmt, kommt dann eine Menge an CO<sub>2</sub>-Einsparung zusammen, die für die Klimabilanz der Bundesrepublik relevant ist?**

Wir haben heute in Deutschland einen jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von etwa 800 Millionen Tonnen. Wenn wir uns den Wald und alle Substitutionseffekte anschauen,

dann kommen wir auf eine Einsparung von etwa 120 Millionen Tonnen. Der Wald puffert etwa 15 Prozent unserer CO<sub>2</sub>-Emissionen ab. Das liegt daran, dass wir in Deutschland zu 98 Prozent bewirtschaftete Wälder haben. Hätten wir hier nur Naturwälder, wäre die CO<sub>2</sub>-Abpufferung nur bei einem Viertel davon, also lediglich 30 Millionen Tonnen im Jahr. Die Nutzung von Holz hat in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen, seit Anfang der 1990er Jahre hat sich dieser hierzulande verdoppelt. Jedoch nutzen wir immer noch weniger Holz als nachwächst. Dies hat natürlich eine entsprechende Steigerung der Speicherungs- und Substitutionseffekte mit sich gebracht. Im 1997 beschlossenen Kyoto-Protokoll haben sich eine Reihe Staaten verpflichtet, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Warum wurde damals nicht schon die Wirkung des Waldes auf den Klimaschutz in die Richtlinien mit einbezogen? Damals ging es erst einmal um die Emissionen, die Wälder waren relativ untergeordnet. Das lag auch daran, dass die Forschung noch nicht so weit war, genaue Aussagen über die Speichereffekte machen zu können. Nun sind die technischen Details aber bereits beschlossen. Wenn es – womöglich schon 2015 – zu einem Nachfolgeabkommen kommt, dann wird die Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten als Klimaschutzbeitrag angerechnet.

#### MATTHIAS DIETER

studierte ab 1987 Forstwissenschaften an der Ludwig-Maximilians-Universität München und promovierte dort anschließend am Lehrstuhl für Forstliche Wirtschaftslehre. Danach ging er ans Institut für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft, an dessen Spitze er ab 2008 stand. Seit 2013 ist Matthias Dieter Leiter des Thünen-Institutes für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie.



Am Thünen-Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie werden die verschiedenen Baumarten der deutschen Wälder im Detail untersucht.

#### Damit wird die Bedeutung des Waldes für den Klimaschutz auch auf dem Papier steigen.

Genau, und es werden Anreize geschaffen: Wer Wald in seinem Land hat und ihn ordentlich und nachhaltig bewirtschaftet, kann die eigene Bilanz verbessern.

#### Wie sollte ein Wald am besten bewirtschaftet werden, damit er möglichst viel CO<sub>2</sub> dauerhaft speichert? Gibt es bestimmte Baumarten, die besonders viel CO<sub>2</sub> speichern?

Einerseits gilt: Je höher der Zuwachs einer Baumart, je schneller sie also wächst, desto höher ist die Kohlenstoffspeicherung. Den Zuwachs messen wir in Volumina, das trifft die Zunahme der Kohlenstoffspeicherung aber nicht immer eins zu eins. Denn Laubbäume zum Beispiel haben einen vergleichsweise geringen Zuwachs und damit eine niedrigere Volumenzunahme, doch sie haben eine höhere Dichte und dadurch auch ein höheres Gewicht pro Volumeneinheit. Das heißt, sie speichern mehr CO<sub>2</sub> bei gleichem Volumen.

#### Wie sieht es bei Nadelbäumen aus?

Nadelbäume wiederum haben eine vergleichsweise geringe Dichte, aber mehr Volumenzuwachs. Viele Nadelbäume wachsen so schnell, dass sie die geringe Dichte überkompensieren. In der Zeit, in der die Buche einen Umtrieb schafft – das ist die Zeit von der Pflanzung bis zur Entnahme durch Holzeinschlag –, schafft die Douglasie doppelt so viel.

#### Nadelwälder sind also für die CO<sub>2</sub>-Bilanz günstiger?

Ja, und auch hier steht der Substitutionseffekt im Vordergrund. Denn während die Nachfrage nach Laubholz gering ist, ist die Nachfrage nach Nadelholz dagegen steigend: Über 90 Prozent des stofflich verwerteten Holzes ist Nadelholz. Bei Laubholz hingegen werden zurzeit 80 Prozent energetisch verwertet, da fällt der Speichereffekt weg. Der einzige Gewinn ist die Einsparung von fossilen Brennstoffen.

#### Woran liegt es, dass Nadelholz beliebter ist als Baumaterial als Laubholz?

Die Materialeigenschaften sind oft günstiger: Eine Tischplatte aus Nadelholz zum Beispiel ist leichter, dabei aber genauso stabil wie eine vergleichbare Tischplatte aus Laubholz. Trotzdem können wir deshalb Laubholz nicht völlig links liegen lassen. Derzeit ist etwas mehr als die Hälfte der Waldfläche in Deutschland mit Nadelbäumen bestockt, aber die Tendenz geht in Richtung Laubwald.

#### Warum?

Weil die Wälder natürlich nicht nur aus dem Gesichtspunkt des Klimawandels bewirtschaftet werden, sondern auch aus Naturschutzgründen etwa, denn von Haus aus wäre Deutschland überwiegend mit Laubwäldern bestockt, und diese natürliche Gegebenheit will man erhalten beziehungsweise verstärken. Der Bestand soll gesichert werden, auch Landschaftsschutz und Landschaftsbild spielen eine Rolle. Allerdings dürfte auch wegen des Klimawandels langsam ein Umdenken erforderlich sein.

#### Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Wälder aus?

Das wissen wir nur bedingt. Wenn es wärmer wird, dann sind die Wuchsbedingungen besser, die Bäume leisten einen höheren Zuwachs. Aber was ist mit der Niederschlagsverteilung? Buchen zum Beispiel haben Probleme mit der

„Die Nutzung von Holz hat in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen.“

MATTHIAS DIETER



wahrscheinlich zunehmenden Sommertrockenheit. Das ist alles sehr schwierig abzuschätzen, weil es um Zeiträume geht, die weit in die Zukunft reichen: Wenn wir heute einen Baum pflanzen, dann können wir ihn erst in 60, 80 oder 100 Jahren ernten. Mit Nadelbäumen ist man wegen ihres schnelleren Zuwachses da flexibler aufgestellt, da kann man wegen der kürzeren Umtriebszeiten schon in ein paar Jahrzehnten das Holz ernten und wieder neue Entscheidungen treffen.

#### Wie viel kürzer sind denn die Umtriebszeiten bei den Nadelbäumen gegenüber den Laubbäumen?

Natürlich kommt es immer darauf an, wie intensiv wir die Wälder nutzen, das heißt, wie früh wir mit dem Einschlag beginnen. Im Grunde könnte man schon nach 30, 40 Jahren Holz ernten, doch damit würde man Speicherpotenzial verschenken, weil die Wachstumsphase der Bäume noch andauert. Bei Nadelbäumen haben wir, wenn wir eher einen späten Einschlag ansetzen, oft Umtriebszeiten von um die 80 Jahre, bei Buchen dagegen liegen sie bei 140 Jahren und aufwärts. Das ist schon ein deutlicher Unterschied. Aber natürlich sind Laubbäume auch wichtig, nur lösen sie allein nicht alle Probleme. Man muss offen sein für an den Klimawandel angepasste Baumarten, eine Ausländer-Raus-Politik in Bezug auf die Baumarten halte ich für unverantwortlich. Es kommt auf die Mischung an, und angesichts der Klimaveränderungen ist es sicher nicht verkehrt, andere Baumarten beizumischen, die es hierzulande bislang nur wenig gibt. Ich denke da zum Beispiel an Douglasie, Küstentanne und Kirsche.

Wenn die Bäume in bewirtschafteten Wäldern entfernt werden, fehlt dann im Ökosystem nicht das Totholz? Es dient ja auch Tieren und Pflanzen als Lebensraum ...

„Der Wald puffert etwa 15 Prozent unserer CO<sub>2</sub>-Emissionen ab.“

MATTHIAS DIETER

Wieviel Totholz wir brauchen, darüber wird seit längerem diskutiert. Naturschutzverbände fordern, dass zehn Prozent des durchschnittlichen Vorrates belassen wird, so dass es zu Totholz werden kann. Das ist einerseits gut nachvollziehbar, denn tatsächlich bietet Totholz Lebensräume für Tiere, Pflanzen und Pilze. Andererseits ist Totholz für das Klima sehr ungünstig, wirkt es doch gegen den CO<sub>2</sub>-Speicher- und -Substitutionseffekt des bewirtschafteten Waldes an. Heute sind wir auch dank Forstschutzprogrammen bei circa fünf bis sieben Prozent Totholz, das ist meiner Meinung nach ein guter Kompromiss. Überhaupt sind wir mit der derzeitigen Bewirtschaftung der Wälder in Deutschland in Bezug auf das Klima inzwischen ziemlich effizient.

#### Woher wissen Sie das?

Wir haben vor Kurzem hier am Thünen-Institut eine Untersuchung gemacht, in der wir die Waldbewirtschaftung, wie sie jetzt herrscht, jeweils verglichen haben mit einer Waldbewirtschaftung, wie sie intensiver und weniger intensiv wäre. Das Ergebnis: Die aktuelle Intensität ist die beste. Und wir konnten auch hier zeigen: Die Substitutionseffekte dominieren, sie sind fünf Mal höher als die Speichereffekte. Doch auch beim künftigen Kyoto-Nachfolgeabkommen werden sie nicht explizit aufgenommen. Trotzdem schlagen sie sich nieder in den anderen Sektoren: Die Zahl der benötigten fossilen Brennstoffe sinkt. Der Klimaschutz der Wälder zeigt sich auch dort, wo man es erst einmal nicht erwartet. Und er reicht deutlich weiter, als es auf den ersten Blick scheint.

## ABGESPEICHERT – LESEN UND WOHNEN

Kohlenstoff ist Teil jeder lebenden Zelle. Das Molekül ist fest eingebaut – und bleibt es, wenn die Zelle nicht wieder verrottet. Kohlenstoff bleibt weiter gebunden, verflüchtigt sich also nicht von selbst. Das heißt, dass ein Gegenstand aus Holz zu einem Kohlenstoffspeicher wird. Damit ist der Atmosphäre wieder ein Molekül entzogen, dass nicht zum Klimawandel beiträgt. Auch auf den Seiten eines Buches ist Kohlenstoff und damit im übertragenden Sinn CO<sub>2</sub> gespeichert. Für ein Kilo Papier braucht man 2,3 Kilogramm Holz. In einem Kilogramm Holz ist wiederum rund ein Kilogramm CO<sub>2</sub> gebunden, das heißt mit einem Buch halte ich die 2,3-fache Menge an CO<sub>2</sub> in der Hand. Das entspricht einer Distanz von 12 Kilometern, die man mit dem Auto zurücklegt, bei sieben Litern Verbrauch auf 100 Kilometern. Was für das Buch gilt, gilt natürlich auch für andere Gegenstände aus Holz. Etwa ein Stuhl. Auch der bindet pro Kilogramm Holz die entsprechende Menge an Kohlenstoff. Ein Haus aus Holz zusammengefügt entsprechend mehr. Und das möglicherweise für Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte. Holz ist damit als Baustoff klimatechnisch gesehen besser als etwa Beton.

## BILANZ ZIEHEN

## FAST VERGESSEN – VOM ATMEN UND ESSEN

Neben den augenscheinlichen Kohlendioxid-Quellen gibt es solche, die man nicht gleich auf dem Schirm hat. Das Atmen zum Beispiel: Ein Mensch, der pro Minute neun Liter einatmet, tauscht mit jedem Atemzug Sauerstoff gegen Kohlendioxid aus, 380 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro Jahr. Auch was wir essen, fällt nicht einfach vom Himmel. Die Dinge zu produzieren und zu uns zu transportieren, kostet Energie, also wird dabei CO<sub>2</sub> frei. Eine Wurst bringt es auf diese Weise auf 15 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro Kilogramm (vom Rind, vom Schwein nur rund die Hälfte). Eine einzige Tasse Kaffee erzeugt bis zu 100 Gramm CO<sub>2</sub>, je nach Zubereitung. Insgesamt fallen durchs Essen und Trinken rund ein Zehntel unserer CO<sub>2</sub>-Emissionen an.

## AUSGESTOSSEN – WASCHEN, KOCHEN, WEB ENTDECKEN

Doch in einem Haushalt gibt es natürlich nicht nur Kohlenstoffspeicher. Es gibt Faktoren, die unsere Bilanz verschlechtern, und solche, die sie verbessern. Fahrradfahren verbessert unsere Bilanz, denn wer täglich zehn Kilometer zur Arbeit und wieder zurück fährt, spart in einer Woche bereits 17 Kilogramm CO<sub>2</sub>. Ein durchschnittlicher Pkw (7 Liter Verbrauch auf 100 Kilometer, 10 000 Kilometer pro Jahr) verursacht im Jahr 1 624 Kilogramm CO<sub>2</sub>. Doch neben dem Auto gibt es noch mehr „Sünder“ in unserem Alltag. So wird für einen Sonntagsbraten (zwei Stunden Garen bei 180 Grad) 1 696 Gramm CO<sub>2</sub> frei, für eine Vollwäsche (90 Grad) 1 060 Gramm (die Hälfte, wenn nur bei 60 Grad gewaschen wird). Auch das Internet ist ein großer Posten der CO<sub>2</sub>-Bilanz: Für eine einzige Suchanfrage schlagen sechs Gramm und für eine Online-Auktion 18 Gramm CO<sub>2</sub> zu Buche.

# Wieviel CO<sub>2</sub> steckt im Haushalt?

Kohlendioxid ist ein Thema nur für die große Politik? Mitnichten. CO<sub>2</sub> ist allgegenwärtig. Jeder von uns produziert Jahr für Jahr elf Tonnen des Klimagases. Wir atmen es aus, jeden Tag, jede Minute. Obendrein umgibt es uns. Keine Lebensmittel ohne das Gas. Keine Möbel, keine Bücher, keine Wärme – nicht einmal ein erfrischendes Bier ist ohne Kohlendioxid denkbar. Doch wo und vor allem wie viel CO<sub>2</sub> steckt in unserem Alltag? Eine Übersicht.



BRENNESSELN UND GIERSCH

Beide Pflanzen kennen Gartenbesitzer zur Genüge, aber auch auf Lichtungen und an Bachläufen kann man sie im Wald finden. Bei beiden verwendet man die jungen Blätter. Außerdem nimmt man beim Giersch die glänzenden Blätter mitsamt des Stiels. Bei der Brennessel eignen sich die oberen vier Blattpaare. Sie sind reich an Kalium, Vitamin C, Eisen und Eiweiß.

## Zutaten

für 4 Personen als Hauptspeise,  
für 6 Personen im Menü

250 g Spinat  
150 g Giersch  
150 g Brennnesseln  
200 g Ricotta  
100 g Extra-Hartkäse, die bayerische Variante von Parmesan  
2 Eier und 2 Eigelb  
Salz, Pfeffer, Muskat  
ca. 200 g Mehl  
50 ml Öl  
1 Handvoll Brennesselblätter  
120 g Butter  
Extra-Hartkäse zum Bestreuen

## Klimafreundlich essen – geht das?

FOTOS UND REZEPTE — BARBARA BONISOLLI

Was für eine schöne Gewissheit: Der Wald kann uns gut ernähren. Er liefert uns wunderbares Wildfleisch und fast das ganze Jahr über wachsen Kräuter, Beeren, Nüsse und Pilze. Wir können die Leckereien aus dem Wald mit gutem Gewissen genießen, denn sie sind nicht nur köstlich, sondern auch saisonal und regional. Wer sich also an den Kostbarkeiten des Waldes bedient, verhält sich automatisch umweltbewusst und klimafreundlich.

### VORSPEISE

#### Ricottaklößchen aus Spinat, Giersch und Brennnesseln mit Butter und frittierten Brennnesseln

Spinat, Giersch und Brennnesseln in einem großen Topf mit Salzwasser blanchieren, kalt abschrecken, abtropfen lassen, in ein Tuch geben und gut (!) ausdrücken. Anschließend mit einem großen Messer fein hacken.

In einer großen Schüssel Ricotta, Extra-Hartkäse, Eier und Eigelb, Salz, Pfeffer und Muskat mit dem Spinat und den Wildkräutern vermischen.

Nach und nach das Mehl hinzufügen, aber nur soviel wie nötig ist, um den Teig zu binden – lieber vorher ein Probeklößchen kochen, als zu viel Mehl zu verarbeiten.

Mit einem Esslöffel die Klößchen formen und ins kochende Salzwasser geben. Sobald alle Klößchen im Wasser sind, die Temperatur runterfahren und weitere sechs Minuten sieden lassen.

Das Öl in einem kleinen Topf erhitzen und die abgezapften Brennesselblätter darin kurz frittieren, herausnehmen und auf einem Küchentrepp abtropfen lassen.

Die Butter schmelzen, über die Klößchen geben und mit den frittierten Blättern anrichten.

Mit Pfeffer und feingeriebenem Extra-Hartkäse servieren.





## HAUPTGANG

## Rehrücken mit frischen Tannenspitzen, Polenta und karamellisierten Frühlingszwiebeln

Alle Zutaten abwägen, putzen, bereitstellen. Frühlingszwiebeln waschen, welke Teile und Wurzel entfernen, in der Mitte halbieren, den unteren Teil nochmal der Länge nach halbieren und die Flüssigkeit für die Polenta erhitzen.

Den Rehrücken mit Küchenkrepp abtupfen und mit Salz und Pfeffer würzen. Eine große Pfanne heiß werden lassen, das Öl dazugeben und das Fleisch von jeder Seite gute zwei Minuten scharf anbraten.

Nach dem ersten Wenden werden der halbierte, ungeschälte Knoblauch und die Tannenspitzen dazugegeben, kurz mitgebraten und anschließend die Butter eingeschwenkt. Nun die Pfanne vom Feuer nehmen und das Fleisch mit dem Bratensaft, Knoblauch und Tannenspitzen in Alufolie einpacken, verschließen und mindestens fünf Minuten an einem warmen Ort ruhen lassen. So kann das Fleisch noch etwas weitergaren und bleibt trotzdem schön rosa und saftig.

Das Öl in einer Pfanne erhitzen und die Frühlingszwiebeln vorsichtig anbraten. Nach drei Minuten die gehackten Salzzitronen und den Honig dazugeben. Danach mit dem Essig ablöschen und mit Salz und Pfeffer abschmecken.

Die Flüssigkeit für die Polenta aufkochen und die Polenta hineinrieseln lassen, schnell die Hitze reduzieren und unter ständigem Rühren köcheln lassen. Nach circa fünf Minuten ist die Polenta fertig.

Kurz vor dem Servieren die Creme Fraiche und den feingeschnittenen Spitzwegerich locker unterheben.

Den Rehrücken schräg aufschneiden und mit Polenta und dem Frühlingszwiebelgemüse auf vorgewärmten Tellern anrichten.

## TIPP: TANNENSPIZTEN

Je nach Jahreszeit variiert die Intensität der Tannenspitzen sehr stark. Im Frühjahr sind die Spitzen noch so zart, dass man sie wie ein Gemüse mitessen kann. Später schwenkt man sie nur noch kurz in der Pfanne und nimmt sie dann wieder heraus. Je stärker sie duften, um so sparsamer sollte man sie verwenden. Dem Wald zuliebe nur Tannenspitzen von erwachsenen Bäumen verwenden.

## Zutaten

Für 4 Personen als Hauptspeise,  
für 6 Personen im Menü

800 g – 1000 g ausgelöster Rehrücken  
Salz, Pfeffer  
2 Ei Öl  
3 Zehen frischer Knoblauch  
50 g Tannenspitzen  
2 EL Butter

2 EL Öl  
350 g Frühlingszwiebeln  
1 kleines Stück Salzzitrone  
1 EL Waldhonig  
1–2 EL Balsamicoessig  
Salz und Pfeffer

200 ml Milch  
800 ml Gemüsebrühe  
160 g Polentagries  
100 g Creme Fraiche  
15 g Spitzwegerich



## SPITZWEGERICH

Gepflückt werden die jüngsten Blätter aus dem Zentrum der Blattrosette. Bei der Dosierung sollte man zurückhaltend sein, da die Blätter sehr frisch, aber auch etwas bitter schmecken.

## Zutaten

Für 4 Personen als Hauptspeise,  
für 6 Personen im Menü

4 Eier  
2 EL Zucker  
250 g Quark  
250 g Mehl  
1 Vanilleschote  
1 TL Backpulver  
250 ml Milch  
50 g Butterschmalz  
200 g Blaubeeren

## DESSERT

### Quarkpfannkuchen mit Blaubeeren und Waldhonig

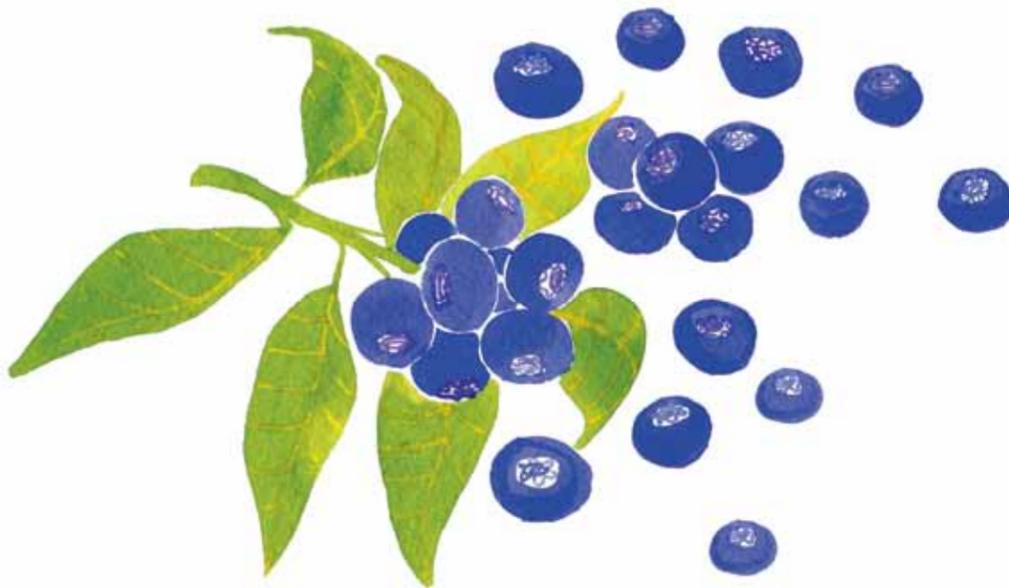
Die Eier trennen und das Eiweiß mit einer kleinen Prise Salz steifschlagen. Eigelb, Zucker, Quark, Milch und das Mark der Vanille mit dem Handrührgerät schaumig rühren. Das Mehl mit dem Backpulver mischen, dazugeben und den Eischnee mit dem Schneebesen unterheben.

In einer beschichteten Pfanne das Butterschmalz vorsichtig erhitzen und pro Pfannkuchen circa ein bis zwei Esslöffel Teig hineingeben, einen Esslöffel Blaubeeren reinstreuen und rausbacken. Unbedingt genügend Platz zwischen den Pfannkuchen lassen, da sie noch etwas in der Pfanne aufgehen.

Entweder gleich aus der Pfanne servieren oder im Backofen bei 80°C warmstellen. Dazu passt Zimt und Zucker oder Waldhonig und ein kleiner Klecks Creme Fraiche.

## TIPP

Blaubeeren haben von Juli bis September bei uns Saison. Außerhalb der Saison kann man auch auf gute Bio-Tiefkühlware zurückgreifen.



## BLAUBEEREN

Frisch gepflückt sollte man sie unbedingt sofort weiterverarbeiten, da sie sich nicht sehr lange lagern lassen. Die gepflückten Beeren gründlich waschen und verlesen. Wer die Beeren einer Temperatur von mindestens 70°C ausgesetzt, braucht keine Angst mehr vor dem Fuchsbandwurm zu haben.



# Welche Auswirkungen des Klimawandels sind heute schon sichtbar?

THESEN — PETER GAIDE, MARC-STEFAN ANDRES

**Der Mensch verbrennt Kohle und Öl, benötigt Stahl, Beton, Kunststoff und viele andere Produkte, bei deren Entstehung große Mengen Kohlendioxid in die Atmosphäre abgegeben werden. Dadurch erwärmt sich die Erde in schnellem Tempo. Die Auswirkungen des Klimawandels sind schon heute sichtbar, wenn auch ihr Umfang und die exakten Ursachen umstritten sind. Vier Wissenschaftler, die an der Arbeit des UN-Weltklimarates beteiligt sind, geben Einblicke in den Stand der Forschung.**



**DIE VERSAUERUNG DER MEERE IST EINE DER FOLGEN DES KLIMAWANDELS. WARUM IST DAS EIN PROBLEM, HERR HALL-SPENCER?**

Überall dort, wo der Ozean so wunderschön blau strahlt, ist er besonders durch Versauerung gefährdet. Zwar gelangt das Kohlendioxid aus der Atmosphäre in alle Weltmeere und verändert durch chemische Prozesse den Säuregehalt des Wassers. Die Folgen in warmen Meeren wie etwa an den Küsten von Papua-Neuguinea oder der Malediven aber sind deutlich dramatischer.

Schalenbildende Organismen wie Korallen, die vor allem in den betroffenen Regionen vorkommen, haben mit einem großen Problem zu kämpfen. Ihr Skelett besteht aus dem Mineral Aragonit – in Umgangssprache einer Form von Kalk –, das durch saures Wasser langsam aufgelöst wird.

Die Auswirkungen sind schon heute in Korallenkulturen zu sehen. Die Riffe werden kleiner, Lebensraum für Wasserorganismen geht verloren, die Nahrung für unterschiedliche Fischarten darstellen. In Folge sinken deren Populationen – und damit verlieren die Menschen, die von der Fischerei leben, ihre Lebensgrundlage. Und die Korallenriffe verlieren eine weitere Funktion: Sie können den Wellengang nicht mehr brechen und Küsten vor Erosion schützen.

Die Versauerung lässt sich schon jetzt an eindeutigen Zahlen ablesen: Seitdem der Mensch fossile Brennstoffe verbrennt, ist der durchschnittliche pH-Wert in den Ozeanen von 8,2 auf 8,1 gesunken. Bis Ende dieses Jahrhunderts wird er bei gleichem CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei 7,7 liegen. Zwar ist das vom pH-Wert her noch nicht sauer, aber das weniger basische Wasser reicht für große Veränderungen in Flora und Fauna.

**PROF. DR. JASON HALL-SPENCER** von der Universität Plymouth ist Meeresbiologe. Er erforscht rund um die Welt die Gewässer, nimmt Proben, analysiert deren chemische Eigenschaften im Labor – und er taucht, um sich unter Wasser ein Bild zu machen.



**DER KLIMAWANDEL FÜHRT ZUM SCHMELZEN DER POLKAPPEN UND GLETSCHER. IST DAS RICHTIG, HERR LEMKE?**

Ja, denn wenn es wärmer wird, schmilzt das Eis nun einmal. Die Erwärmung des globalen Klimasystems ist eindeutig, und mit hoher Wahrscheinlichkeit haben die vom Menschen erzeugten Treibhausgase – hauptsächlich CO<sub>2</sub> – einen wesentlichen Anteil daran.

Die schneebedeckte Fläche weltweit hat seit 1980 um etwa fünf Prozent abgenommen. Das Meereis in der Arktis verzeichnet seit 1978 einen Rückgang um vier Prozent pro Dekade. Setzt sich dieser Trend fort, wird es dort ab spätestens 2070 im Sommer gar kein Eis mehr geben. Die Eisschilde in der Antarktis und auf Grönland verlieren an Masse. Deswegen ist der Meeresspiegel seit 1993 durchschnittlich um etwa drei Millimeter pro Jahr gestiegen. Langfristig wird sich dieser Trend fortsetzen und die biologische Vielfalt in diesen Gebieten wird sich reduzieren. Mit dem Eis verschwinden die Grundlagen des Ökosystems für Algen, Krebse, Fische und Robben bis hin zu Eisbären. Letztere sind für die Jagd auf Eis angewiesen, denn im Wasser können sie die flinken Robben nicht erlegen.

In einigen Gletschergebieten – zum Beispiel in den Anden und im Himalaya – wird das schwindende Eis zu erheblichen Wasserengpässen im Sommer führen. Gletscher fungieren als Wasserspeicher: Das im Winter hinzugewonnene Eis wird im Sommer wieder abgegeben.

**PROF. DR. PETER LEMKE** nahm bislang an acht Expeditionen in die Polarregionen teil. Am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven ist der promovierte Physiker Leiter des Fachbereichs Klimawissenschaften.



**DER KLIMAWANDEL FÜHRT ZU EINEM SCHWUND DER GLOBALEN BIODIVERSITÄT. TRIFFT DAS ZU, HERR SETTELE?**

Die Erderwärmung läuft offenbar schneller ab, als sich viele Arten anpassen oder mit den Temperaturverschiebungen in andere Regionen wandern können. Die geographischen Gebiete, saisonalen Aktivitäten und Migrationsmuster vieler Land-, Süßwasser und Meeresarten verschieben sich ebenfalls. Unsere Forschungen legen nahe, dass zum Beispiel Vögel und Tagfalter mit der Erderwärmung nicht mithalten können. Sie sind langsamer nach Norden gewandert, als es ihre klimatischen Erfordernisse nötig erscheinen lassen. Nicht immer jedoch sind Wanderungen überhaupt möglich. Es mag irgendwo auf der Welt passende Klimabereiche für bedrohte Arten geben, aber sie kommen dort nicht hin. Zumindest bei einigen mittelamerikanischen Amphibien kann man davon ausgehen, dass der Klimawandel schon jetzt einen entscheidenden Beitrag zum Aussterben geleistet hat. Durch die Erderwärmung kommt es großräumig auch zu einer Angleichung und damit zu einer Homogenisierung der Artvorkommen. Die ökologischen Spezialisten geraten in Schwierigkeiten, von Wärmespezialisten wie etwa dem Segelfalter abgesehen, der sich gegenwärtig regional ausbreitet. Es ist aber auch wichtig festzuhalten, dass der Klimawandel nur eines von mehreren Risiken für die Biodiversität ist. Vor allem auch Landnutzungsänderungen sind mitentscheidend. Wir haben zudem Anzeichen dafür, dass manche Arten evolutiv anpassungsfähiger sind als wir anfangs dachten und dass hier und dort Arten – meist sind es aber die eher anspruchslosen – zuwandern. Die Natur verändert sich weiter, das macht etwas Mut.

**DR. JOSEF SETTELE** ist Ökosystemforscher am Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (UFZ) in Halle und einer der koordinierenden Leitautoren des neuen Berichts des Weltklimarates IPCC. Sein besonderes Forschungsgebiet ist die Insektenkunde.



**HERR REICHSTEIN, KOMMT ES INFOLGE DER ERDERWÄRMUNG ZU HÄUFIGEREN UND HEFTIGEREN WETTEREXTREMEN?**

Ein einzelnes Wetterextrem lässt sich nicht monokausal durch den Klimawandel erklären. So einfach und eindeutig ist es nicht. Wir haben aber herausgefunden, dass die Landökosysteme wegen Dürren, Hitzewellen oder Stürmen jährlich per Fotosynthese etwa elf Milliarden Tonnen weniger CO<sub>2</sub> aufnehmen können, als sie es ohne Extremereignisse könnten. Sehr wahrscheinlich schwächen damit extreme klimatische Ereignisse die Pufferwirkung, die Ökosysteme im Klimasystem ausüben. Dadurch wird der Treibhauseffekt verstärkt, was wiederum Wetterextreme wahrscheinlicher macht. Das eine befeuert das andere.

Wir gehen davon aus, dass einzelne Wetterextreme in bestimmten Regionen häufiger denn je auftreten werden, wenn der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den kommenden Jahrzehnten nicht deutlich sinkt.

Besonders starke und langfristige Effekte von extremen Wetterereignissen erwarten wir übrigens für Wälder. Eine Dürre schadet Bäumen nicht nur unmittelbar, sie macht sie auch anfälliger für Schädlinge und Feuer. Zudem erholt sich ein Wald nach einem Feuer oder Sturm Schaden sehr viel langsamer als andere Ökosysteme. Ein Sturm etwa kann einer Graslandschaft kaum etwas anhaben.

**DR. MARKUS REICHSTEIN** ist seit 2012 Direktor und wissenschaftliches Mitglied am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena.

# Wie kommen unsere Wälder mit dem Klimawandel zurecht?

**Sturmkatastrophen, warme Winter, trockene Sommer. Wie lassen sich die bayerischen Wälder schützen? Hubert Droste, Forstbetriebsleiter im schwäbischen Zusmarshausen, weiß die Antwort.**

FOTOS — BERT HEINZLMEIER

TEXT — JAKOB SCHRENK

## HUBERT DROSTE

ist 55 Jahre alt und arbeitet schon als Kind im elterlichen Wald im Hochsauerland mit. Er studierte Forstwissenschaft in München und ist seit Gründung der Bayerischen Staatsforsten 2005 Betriebsleiter in Zusmarshausen.

## H

**Herr Droste, reden Sie eigentlich im privaten Gespräch noch gerne über das Wetter?**

Hin und wieder schon – warum auch nicht?

**Es wäre ja möglich, dass das Wetter für einen Forstwirt auch kein Small-talk-Thema mehr ist, weil der Klimawandel eine zu ernste Bedrohung ist. Die Temperaturen im vergangenen Winter lagen um drei Grad über dem Normalwert. Wir haben in den vergangenen Jahren extrem heiße und trockene Sommer erlebt. Auch Orkane scheinen sich zu häufen.**

Mit solchen pauschalen Beschreibungen sollte man vorsichtig sein. Nicht jedes extreme Wetterereignis ist eine Folge des Klimawandels und den einen oder anderen schneearmen Winter hat es auch früher schon gegeben. Was wir aber tatsächlich beobachten, ist eine spürbare Erwärmung. Wenn man den Zeitraum zwischen 1990 und heute mit dem Zeitraum zwischen 1960 und 1990 vergleicht, sieht man, dass die Temperaturen um etwa ein Grad Celsius gestiegen sind. Und dieser Trend wird sich wohl fortsetzen. Auch die Niederschlagsmenge scheint zurückzugehen, wenn auch die diesbezüglichen Zahlen weit weniger aussagekräftig sind. Diese beiden Entwicklungen lassen sich mit großer Sicherheit auf den Klimawandel zurückführen. Und selbstverständlich müssen wir darauf reagieren.

**Wie hat Ihnen denn der vergangene, schneearme Winter gefallen?**

Weniger gut. Die erste geschlossene Schneedecke gab es erst am 20. Januar 2014. Wenig Schnee erschwert die Jagd. Bei einer geschlossenen Schneedecke lässt sich das Wild leichter an Kirrstellen locken, wo wir dann gezielt schießen können. In schneearmen Wintern sinken unsere Abschusszahlen. Wir haben dann zu viel Wild im Wald. Die Folge ist: Junge Bäume werden verbissen. Und zwar gerade die Baumarten, die wir besonders fördern wollen, wie etwa die Eiche oder die Buche.

**Gibt es noch weitere negative Folgen?**

Schnee, der im Frühjahr schmilzt, sickert in den Waldboden und füllt dort die Wasserspeicher auf. Das ist im vergangenen Winter so gut wie nicht passiert. Der Boden war also schon im Frühjahr relativ trocken. Dazu kamen dann noch die sehr niederschlagsarmen Monate März und April. Wird dann auch noch der Frühsommer trocken, haben wir ein echtes Problem.

**Welches?**

Zusmarshausen liegt in Schwaben. Und Schwabenland ist Fichtenland. Rund 60 Prozent unserer Bäume sind Fichten. Die Fichte ist aber ein Flachwurzler. Ihre Wurzeln reichen nicht tief in den Boden herab, sie kommt also in Trockenperioden nicht an ausreichend Wasser.

**Was sind die Folgen?**

Eine unter Trockenstress stehende Fichte wird schnell vom Borkenkäfer angefallen, da sie sich dann nicht mehr so gut wehren kann. Die Fichten schaffen es nicht mehr, die vom Borkenkäfer gefressenen Gänge zu verharzen, sie können gewissermaßen keine Schutzbarriere gegen den Käfer mehr bilden. Der Käfer zerstört die Leitungsbahnen der Bäume und damit deren Lebensader.

**Führen die flachen Wurzeln der Fichte noch zu weiteren Problemen?**

Sie machen die Fichten anfällig für Sturmwurf. Die großen Orkane der vergangenen Jahre hinterließen auch deswegen einen so großen Schaden, weil wir – übrigens nicht nur in Schwaben sondern in ganz Bayern – viele Fichtenreinbestände haben. In gemischteren Beständen haben Lothar und Kyrill weit weniger schlimm gewütet.

**War denn Schwabenland schon immer Fichtenland?**

Nein, ohne menschliche Eingriffe würde in unseren Breiten vor allem die Buche wachsen. Wir leben aber in von Menschenhand geschaffenen Kulturlandschaften und so hat auch der Wald nicht mehr seine ursprüngliche Form. Vor allem der Bedarf nach schnellwachsendem Nadelholz hat dazu geführt, dass die Fichte heute den größten Anteil am Wald hat. Vor allem nach dem Zweiten Weltkrieg wurden vermehrt Fichten angepflanzt. Davon profitieren wir heute, da Fichten-



Junge Buchen wachsen im Schatten alter Fichten heran. Es dauert etwa zwanzig Jahre bis ein Bestand auf Buche verjüngt ist.

holz stark nachgefragt wird, andererseits stellt es uns aber auch vor große Herausforderungen.

#### **Klingt fast, als würden Sie ein wenig mit Ihren Vorgängern hadern?**

Überhaupt nicht. Allein in Bayern gab es nach dem Zweiten Weltkrieg über 100 000 Hektar Kahlfelder, die im Krieg notgedrungen abgeholzt wurden. Von nachhaltiger Forstwirtschaft konnte man da nicht mehr sprechen. Um die so entstandenen Kahlfelder möglichst schnell wieder aufzuforsten, setzte man damals auf die schnell wachsende Fichte. Es ist eine bewundernswerte Leistung unserer Vorgänger gewesen, diese Flächen in so kurzer Zeit wieder aufzustocken.

#### **Was also tun mit den großen Fichtenbeständen?**

Wir verfolgen in Bayern seit mehreren Jahrzehnten eine Waldbaustrategie, die auf naturnahe und strukturreiche Mischwälder setzt. Grob gesagt bedeutet diese: weniger Fichte, mehr Laubbäume.

#### **Was bedeutet das ganz konkret bei Ihnen in Zusmarshausen?**

Wir bewirtschaften hier über 14 000 Hektar Waldfläche. Davon umfasst die Fichtenfläche 8 000 Hektar. Wir wollen in 50 Jahren nur noch 6 000 Hektar Fichte haben, der Fichtenanteil soll also sinken von 60 auf etwa 45 Prozent. Gleichzeitig wollen wir den Buchenbestand um 1 000 Hektar vergrößern, dadurch steigt der Buchenanteil an der gesamten Fläche von 18 auf 24 Prozent. Der Anteil der Eichen soll von drei auf sechs Prozent steigen. Außerdem wollen wir auch den Anteil von Lärche, Tanne und Douglasie erhöhen.

#### **15 Prozentpunkte weniger Fichte – das klingt zunächst einmal gar nicht so beeindruckend.**

Ist es aber. Wir sind keine Landwirte, die im nächsten Jahr auf dem Feld statt Weizen einfach Roggen anpflanzen können. Der Rohstoff, mit dem wir es zu tun haben, wächst nur sehr langsam nach, wir denken in sehr langen Zyklen. Der Waldumbau, also die Förderung und gezielte Begründung von strukturreichen Mischwäldern, den wir hier planen, ist eine gewaltige Kraftanstrengung.

#### **Woher wissen Sie, dass bestimmte Baumarten besser für wärmere, trockeneren Zeiten geeignet sind? Man kann ja schlecht in die Zukunft schauen!**

In gewisser Weise kann man das eben doch. Wenn etwa für Bayern eine Erwärmung von ungefähr zwei Grad Celsius bis zum Ende des Jahrhunderts vorher-

gesagt wird, können wir uns Gegenden in Südosteuropa anschauen, in denen jetzt die Bedingungen herrschen, die für uns in der Zukunft prognostiziert werden. Die Bäume, die dort ohne Probleme wachsen, sind mit großer Sicherheit auch für unsere Breiten geeignet. Wir wissen also, dass die Buche gut mit Hitze und mit längeren Trockenperioden zurecht kommt und auch kein leichtes Opfer von Orkanen ist. Ganz sicher können wir uns natürlich trotzdem nicht sein, welcher Baum besonders geeignet sein wird. Deswegen setzen wir auf ein breites Portfolio und versuchen mindestens drei bis vier Baumarten je Bestand zu haben. Außerdem verfolgen wir natürlich nicht blind die einmal ausgedachte Strategie. Alle zehn Jahre findet in jedem staatlichen Forstbetrieb die sogenannte Forsteinrichtung statt. Allein in Zusmarshausen überprüfen wir dafür an 4 000 über den Wald verteilten Stichprobenpunkten den Zustand des Waldes und die Zusammensetzung der Baumarten. Aus dieser Inventur können wir dann die notwendigen Schlüsse ziehen und passende Maßnahmen ergreifen. Würden wir etwa sehen, dass die Buche auf bestimmten Böden doch nicht so gut wächst wie erwartet, würden wir ihren Anteil an diesen Stellen nicht mehr steigern.

#### **Ganz konkret: Wie steigert man eigentlich den Anteil bestimmter Baumarten?**

Prinzipiell kann das auf zwei Wegen geschehen: Man pflanzt die gewünschte Baumart oder man nutzt die natürliche Verjüngung. Dafür fördern wir das Wachsen jener Bäume, von denen wir uns eine natürliche Ansammlungen erhoffen.

#### **Bleiben wir zunächst bei der Naturverjüngung: Wie kann man Bedingungen schaffen, unter denen sich etwa die Buche auf natürliche Weise stärker vermehrt?**

In einem Buchen-Fichten-Mischwald kann ich dafür sorgen, dass sich die Buchen gut entwickeln. Wir müssen den Buchen beispielsweise Platz und Licht verschaffen, indem wir umliegende Fichten, also die Bedränger, herausnehmen. So entwickeln sich kräftigere Buchen, die viel Samen tragen. Die Naturverjüngung ist natürlich zu bevorzugen, weil sie ökologisch und wirtschaftlich günstiger ist.

#### **Und wie gehen Sie bei der Anpflanzung vor?**

Wir sprechen dann von Voranbau. Das bedeutet, wir lichten nur kleinflächig den Kronenschirm auf. In der Regel ist das eine Fläche von 500 bis 1 000 Quadratmetern, auf die wir zwischen 300 und 400 Buchen pflanzen können.

#### **Woher bekommen Sie die Setzlinge?**

Die meisten kommen aus Baumschulen. Teilweise sind es aber auch Wildlinge, die wir an anderer Stelle im Wald ausgraben und an der gewünschten Stelle wieder einpflanzen. Insgesamt setzen wir im Jahr etwa 500 000 Pflanzen ein, ein Drittel davon im Herbst, zwei Drittel im Frühjahr.

**„Wir sind keine Landwirte, die im nächsten Jahr auf dem Feld statt Weizen einfach Roggen anpflanzen können.“**

HUBERT DROSTE

#### **Klingt nach viel Arbeit!**

Ist es auch. Wir haben in Zusmarshausen 35 Waldarbeiter, die arbeiten in den Pflanzzeiten mehr als die üblichen 38,5 Wochenstunden. Ich bin wirklich sehr dankbar, dass sich die Arbeiter da so flexibel zeigen. Die optimale Zeit zum Anpflanzen ist nun einmal knapp. Im Frühjahr darf kein Schnee mehr liegen, später als die letzten Aprilwochen sollte man aber auch nicht dran sein. Dieses kleine Zeitfenster müssen wir nutzen.

#### **Was sind eigentlich die Gefahren bei der Pflanzung?**

Trockenheit ist ein großes Problem. Die jungen Pflanzen sind sehr empfindlich und brauchen in der ersten Zeit viel Feuchtigkeit. Wir haben ja schon über den niederschlagsarmen Winter und den niederschlagsarmen Frühling gesprochen, deshalb haben wir uns dieses Jahr beim Anpflanzen viel Sorgen gemacht, dass uns die Setzlinge alle verdursten.

#### **Kann man die nicht einfach gießen?**

Nein, das ist im eigenen Garten möglich oder in der Baumschule. Aber nicht in riesigen Waldflächen.

#### **Wie oft überprüfen Sie in der Anpflanzzeit den Wetterbericht?**

In kritischen Phasen überprüfe ich mehrmals am Tag den Wetterbericht. Gemeinsam mit unseren Förstern entscheiden wir dann, ob wir pflanzen können oder nicht.

#### **Welche Gefahren drohen den Setzlingen außer der Trockenheit?**

Natürlich der Wildverbiss. Setzlinge sind für das Wild besonders schmackhaft. Weil wir durch den milden Winter viel Wild im Wald haben, müssen wir besonders aufmerksam sein. Verbissemempfindliche Baumarten müssen wir daher mit einem Zaun beziehungsweise mit einer Wuchshülle schützen. Das macht natürlich jede Menge Arbeit. Nur für diese Maßnahmen geben wir im Jahr 150 000 Euro aus.

#### **Wie lange dauert es eigentlich, bis dann in einem Bestand die gewünschte Mischung an Bäumen erreicht ist?**

Das ist eine Arbeit von Jahren und Jahrzehnten. Im Fall frisch angeplanter Buchen müssen wir beispielsweise kontinuierlich darauf achten, dass die Bäume genug Licht bekommen, man kann das etwa an der Wuchsrichtung der Äste sehen. Zeigen die horizontal zur Seite und nicht mehr schräg nach oben, braucht der Baum mehr Licht. Dann müssen wir ihm mehr Platz verschaffen, wobei wir äußerst vorsichtig zu Werke gehen müssen, weil wir ja beim Fällen einer alten Fichte nicht die umstehenden jungen Buchen beschädigen wollen. Nach und nach nimmt so der Anteil der Buche am Bestand zu. Nach etwa zwanzig Jahren



Leider interessiert sich das Wild vor allem für junge Pflanzen. Diese Weißtanne wird mit einer Gitterhülle gegen gefräßiges Wild geschützt.

**„Unsere Waldarbeiter arbeiten in den Pflanzzeiten mehr als die üblichen 38,5 Wochenstunden.“**

HUBERT DROSTE

ist dann ein Bestand auf Buche verjüngt. Eine 20-jährige Buche kann dann schon eine Höhe von etwa fünf Metern haben.

#### **Einmal naiv gefragt: Wenn der typische Baum für unsere Breiten die Buche ist und wenn die Fichte so viele Probleme macht, warum versucht man dann nicht, in den nächsten Jahrzehnten ganz ohne die Fichte auszukommen?**

Wir wollen auch weiterhin ganz bewusst auf die Fichte setzen, da ihr Holz gefragt ist und sie gute Erträge bringt. Ihr Anteil wird jedoch zurückgehen und wir werden auf Reinbestände verzichten. Wir streben daher einen Kompromiss an, eine risiko-optimale Strategie. Das bedeutet, dass wir zum Beispiel analysieren, auf welchen Böden Fichten noch sinnvoll sein können. Eher trockene, sandige Böden sind zum Beispiel schlechter geeignet als feinehmige feuchte Böden.

#### **Sie richten den Waldbau also nicht nur nach dem Klimawandel aus?**

Die Ansprüche an den Wald und die Forstwirtschaft sind vielseitig. Neben der Schaffung von naturnahen Beständen, braucht die Gesellschaft auch Holz. Die Fichte ist seit jeher unser Brotbaum, sie wächst schneller als andere Baumarten, ihr Holz ist nachgefragt. In Zusmarshausen leben viele Menschen von der Forstwirtschaft, die Menschen wissen von der Notwendigkeit der Waldbewirtschaftung.

# Reinbestände 202.000 ha



## 720.000 ha

**GROSS UND ZUKUNFTSWEISEND**

Der bayerische Staatswald bedeckt eine Fläche von 720 000 Hektar. Ursprünglich waren zwei Drittel davon mit Nadelbäumen, vor allem mit Fichten bestockt. Lange ist das gutgegangen, doch es hat ein Umdenken stattgefunden. Das Klima ändert sich und die Forstwirtschaft wappnet sich. Stück für Stück werden die reinen Nadelholzwälder in strukturreiche Mischwälder mit einem hohen Anteil an Laubbäumen überführt.



**STABIL UND SICHERER**

Das Klima ändert sich. Und das hat auch für den Wald Auswirkungen. Und weil Wälder sich nicht von heute auf morgen umstellen können, braucht es eine vorausschauende Planung. Denn die Anforderungen durch den Klimawandel sind enorm: Experten rechnen damit, dass es häufiger heftige Stürme geben wird, aber auch sehr trockene Jahre werden zur Regel. Und in solch geschwächten Systemen haben es dann beispielsweise Borkenkäfer leichter. Ein Reinbestand ist dabei naturgemäß angreifbarer als ein Wald aus verschiedenen Baumarten. Im Jahr 2013 gab es im Staatswald 202 000 Hektar solcher Reinbestände. 70 000 Hektar dieser Wälder sind bereits ausreichend mit verschiedenen klimastabilen Baumarten vorausverjüngt, sodass gegenwärtig noch 132 000 Hektar zum Umbau durch Pflanzung, Saat und Naturverjüngung anstehen. Dieser wird voraussichtlich im Jahr 2035 abgeschlossen sein.



**NATÜRLICH UND KOSTENSPPAREND**

Die Natur ist ein fleißiger Helfer beim Waldumbau. Naturverjüngung bringt dem Wald eine passende neue Baumgeneration und spart bares Geld. Nur vereinzelt muss der Natur auf die Sprünge geholfen und aktiv gepflanzt werden. Dabei sind 75 Prozent der Pflanzen Laubbäume, aber auch Tannen und Douglasien werden ausgebracht. Im Schnitt werden jede Stunde mehr als 8 000 Quadratmeter Wald in Mischwald umgewandelt – das ist mehr als die Fläche eines Fußballfeldes. Eine echte Mammutaufgabe.



# Neue Wälder kriegt das Land

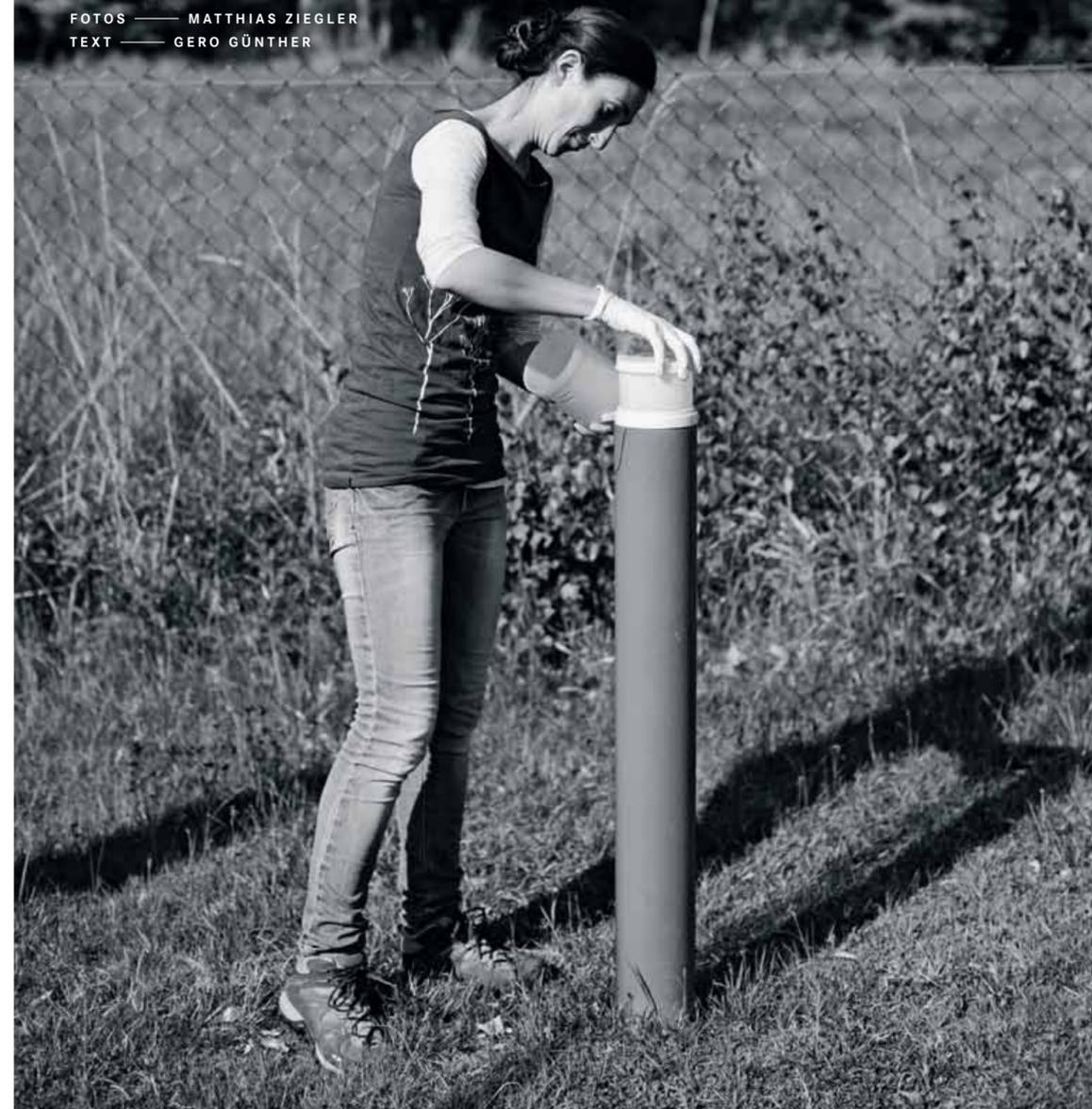
Der Klimawandel wird auch an den bayerischen Wäldern nicht spurlos vorübergehen. Stürme, Käfer, Trockenheit heißen die apokalyptischen Reiter im Bestand. Doch die Bayerischen Staatsforsten machen mit viel Energie die Wälder von heute für die Herausforderungen von morgen fit. Der Waldumbau ist in vollem Gange.

ILLUSTRATION — MARTIN HAAKE  
TEXT — PETER LAUFMANN

AUF DEM PRÜFSTAND

## Wie gut ist unsere Luft?

FOTOS — MATTHIAS ZIEGLER  
TEXT — GERO GÜNTHER



AUF DEM PRÜFSTAND



Jede Woche entnimmt Maria Millitzer die Proben der Waldklimastation im Kranzberger Forst. In diesem Niederschlagsammler werden die Schwermetalle gemessen (*links*). Einfach, aber funktionell ist die Vorrichtung, mit der die Wissenschaftler den Niederschlag erfassen, der am Baumstamm herunterfließt (*rechts*).

## A

**1989 wurden in Bayern die ersten Klimastationen zum Langzeit-Monitoring der Wald-Ökosysteme aufgebaut. Bei einem Besuch in der Waldklimastation Freising erfahren wir, warum die Luft im Inneren der dunklen Wälder so gut ist und was Bayerns Bäume für die Reinhaltung unserer Luft leisten. Der Wald filtert und bindet Luftschadstoffe und Feinstäube, aber er leidet auch an ihnen.**



Achtung Forschung: Zwischen den vier Abstandsmarkierungen ist ein Plastikgefäß unter dem Humus verborgen. Im sogenannten Lysimeter werden die Depositionen in den Niederschlägen genau erfasst.

Jeden Dienstag gegen neun Uhr parkt Maria Millitzer an der Lichtung. Seit mehr als zehn Jahren dreht sie ihre Runde in den Wäldern des Kranzberger Forsts bei Freising. Millitzer, Mitarbeiterin im Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, ist die Probennehmerin in der Waldklimastation Freising. „Ich freu mich immer auf meine Dienstage“, sagt sie. „Ich liebe es, hier draußen in aller Ruhe alleine vor mich hin zu kruschteln.“ Und schon beschäftigt sie sich mit Plastikröhren, kleinen Flaschen, Trichtern und Filtern. Ausnahmsweise ist Millitzer nicht allein bei der Arbeit. Alfred Fuchs, Leiter des Forstbetriebs Freising der Bayerischen Staatsforsten, und Hans-Peter Dietrich, der fachliche Leiter der Bayerischen Waldklimastationen an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, sind mitgekommen, um uns über die Luftqualität in den bayerischen Wäldern aufzuklären.

„In unseren Wäldern werden die belasteten Luftmassen gefiltert“, erklärt Alfred Fuchs. Keine leichte Aufgabe für den Wald. „Im Regenwasser können wir erkennen“, sagt Dietrich, „welche Schadstoffe in den Wald getragen werden“. Die für den Wald besonders bedeutsamen Schwefel- und Stickstoffverbindungen werden in den Niederschlagsproben ebenso erfasst wie staubgebundene Schwermetalle. Erforscht wird, mit welchen Umweltbelastungen der Wald klar kommen muss.

Als Reaktion auf das Waldsterben und das wachsende ökologische Bewusstsein in der Bevölkerung wurden in den 1990er Jahren im ganzen Land Intensivbeobachtungsstationen eingerichtet. 18 Waldklimastationen sind heute in Betrieb, an denen die Wirkung von Witterung und Luftschadstoffen auf den Waldzustand überwacht werden. „Bayern zählte zu den Vorreitern bei der Waldbeobachtung“, erklärt Dietrich. Andere Bundesländer folgten, und heute gibt es in ganz Europa einheitliche Monitoring-Stationen. Obwohl sich seit dieser Zeit vieles verbessert hat und die Schwefeldioxid-Einträge massiv gesenkt wurden, haben wir die Probleme bezüglich der Luftschadstoffe noch lange nicht gelöst. Um die Luftqualität zu verbessern, wurden zahlreiche Kraftwerke und Industrieanlagen stillgelegt oder mit aufwendigen Filteranlagen ausgestattet, aber Entwarnung kann noch lange nicht gegeben werden.

Umso wichtiger ist die Beobachtung der Belastungen über lange Zeiträume hinweg. „Wir beobachten die Auswirkungen jeweils im Verhältnis zur Witterung“, erläutert Dietrich. Über ihm schnurrt ein Windrad auf einem weißen Mast. Die Wetterstation erfasst Temperatur, Feuchte, Sonneneinstrahlung, Windrichtung und -stärke. Die Daten werden aufgezeichnet und auf den Server überspielt und stehen so den Wissenschaftlern in der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft direkt zur Verfügung. Dann gibt es da noch die Gartendusche. In ihr sind zwei winzige Passivsammler mit einer Teflonmembran befestigt. Ein „30-Euro-Gerät“, das kostengünstig die Ozonkonzentration misst. „Fest steht“, so Dietrich, „dass die Ozonwerte seit den 70er Jahren um circa 70 Prozent kontinuierlich angestiegen sind. Umso erstaunlicher ist es, dass wir bisher keine Veränderungen an unseren Versuchsbäumen erkennen können.“ Er deutet auf eine Reihe Pappeln, bei denen es sich um geklonte Bäume handelt, also um eine genetisch identische Kopie der Mutterbäume. Die höchstsensiblen Klon-Bäume eignen sich besonders für diese Beobachtungen. Da sie aus demselben genetischen Material gezogen wurden, sind diese Bäume perfekt miteinander vergleichbar. Zur Klimabeobachtung steht daneben ein ganzer Hain von Versuchsbäumen unter Dauerbeobachtung. Studiert werden unter anderem die Laubentfaltung, der Blühtermin, die Blattverfärbung und der Blattfall. Gärten in der gleichen Artenzusammensetzung gibt es noch an sechs weiteren Stationen.

Maria Millitzer macht genaue Einträge zu den Vegetationszeiten der verschiedenen Baumarten. „Wir haben festgestellt, dass die meisten Pflanzen ein bis zwei Wochen früher austreiben als noch vor zehn Jahren“, sagt Dietrich. „Die Klimaerwärmung ist hier also bei den Pflanzen angekommen.“

Ein paar hundert Meter weiter erwartet uns ein grünes Schimmern und Flirren. „So wie dieser bis zu 160 Jahre alte Eichen-Buchen-Mischbestand hier steht, ist er etwas ganz Besonderes, vor allem in der Ausdehnung. Denn im Hügelland rund um Freising kommen vorwiegend Nadelbestände vor“, sagt Alfred Fuchs stolz. Unter dem dichten Dach stattlicher Buchen und Eichen steht der größte Teil der Versuchsanordnungen. „Wir vergleichen die Werte, die im Freiland gemessen werden, mit denen hier im Wald“, erklärt Dietrich.



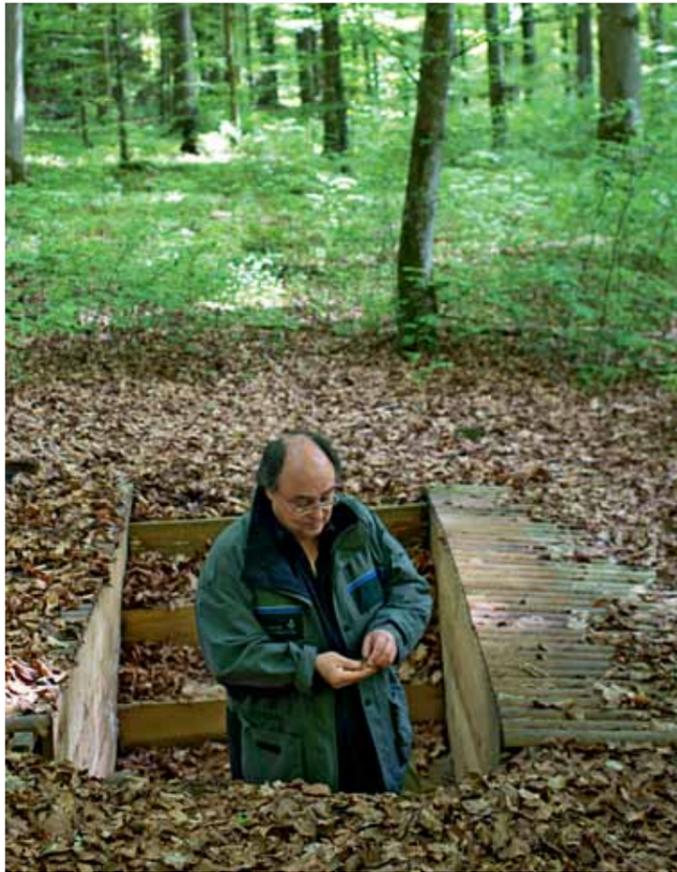
Auf einem minimalistischen Labortisch werden die Entnahmen aus den Sammelgefäßen zu Mischproben zusammengegossen (oben).

Alfred Fuchs ist seit 2005 Leiter des Forstbetriebs Freising (rechts). Der 54-jährige ist auch in seiner Freizeit gerne im Wald unterwegs: zum Jagen, Pilze Suchen oder um einfach mal durchzuatmen.



Mit der elektronischen Niederschlagswaage wird die exakte Menge von Regen, Tau, Hagel oder Schnee auf der Freifläche erfasst (links).

Diese Wetterstation ist ein Zusatzinstrument, mit der die Bedingungen im Versuchsgarten gemessen werden (oben).



Hans-Peter Dietrich erläutert die besonderen Funktionen des Waldbodens als Wasserspeicher und Nährstoffquelle an einem Bodenprofil.

Die Luft im Waldinnenraum ist überaus gesund, da die dichten Kronen der mächtigen Bäume ein gigantischer Filter sind. „Denn an den Wachsoberflächen der Blätter“, so Dietrich, „werden die Pollen, die Feinstäube und Schadstoffe gebunden.“ Das Ergebnis ist eine schadstoffarme Luft im Waldinneren. Die Waldluft ist nicht nur arm an Giften, sondern auch voller ätherischer Duftstoffe, die zum Teil antibakterielle Wirkung haben. Die meisten Menschen empfinden das windarme und gleichmäßige Waldklima als überaus angenehm.

„Hier herinnen ist es außerdem fast ozonfrei“, meint der Freisinger Forscher. „Ganz im Gegensatz zur Luft über den Baumwipfeln und jenseits der Waldränder, an denen das Ozon ankommt und neu gebildet wird.“ Denn außerhalb des Waldes sind die Konzentrationen höher.

Wir folgen Maria Millitzer in ihr Reich. Schläuche verlaufen auf dem Boden, Rohre stecken in der Erde, seltsame Anlagen stehen an und unter den Bäumen. Hier kann Niederschlag gemessen werden, der durch das Blätterdach in lange Rinnen herunter tropft, ein paar Meter weiter wird Flüssigkeit aufgefangen, die bei Regen am Stamm einer Buche herunterfließt.

Die Eimer, die sie durch die Gegend trägt, sind mit brauner Brühe gefüllt. Verschmutzt durch Stoffe, die aus den Blättern selber stammen, aber vor allem vom Staub, der auf ihnen abgelagert ist. Staub, den die Bäume aus der Luft filtern und der dann mit dem Regen heruntergewaschen wird. „Wir haben in Nordostbayern unter Fichtenkronen teilweise doppelt so hohe Schadstoffeinträge in den Fängern als auf der Freifläche“, erklärt der Wissenschaftler.

Unten an den Wurzeln der Bäume kommen die Schadstoffe also in besonders hoher Konzentration an. Nitrate, Ammonium und teilweise auch Schwermetalle sind in der trüben Flüssigkeit enthalten. Damit müssen die Bäume klarkommen.

„Zum Glück sorgen kalkhaltige Böden im Hügelland um Freising dafür, dass ein Großteil der Übersäuerung gebunden wird. Das Wasser, das hier aus den tieferen Schichten gezogen wird, ist wieder fast pH-neutral und nitritarm“, erläutert Alfred Fuchs. Aber das ist leider nicht überall so.

„Ganz klar ist, dass die tolerierbaren Stickstoffeinträge in Bayern oft deutlich überschritten werden“, sagt Hans-Peter Dietrich. „An zwei Drittel der Waldklimastationen werden die kritischen Belastungsgrenzen für Stickstoff überschritten. Circa 50 Prozent der Wälder gelten als stickstoffgesättigt, sie können das Überangebot an Stickstoff nicht mehr verwerten oder speichern. Die Filterleistung und die Stabilität des Waldes werden beeinträchtigt und das Grundwasser wird belastet.“ Dazu, so der Forscher, kommt die Belastung durch die Klimaerwärmung. Woher die hohe Stickstoffbelastung rührt? Zu vergleichbaren Teilen aus Verbrennungsquellen und aus der Landwirtschaft, meint Dietrich. „Abgase aus der intensiven Tierhaltung sind ein großes Problem“, erklärt er. „Mit der Gülle und den Stallausdünstungen treten große Mengen stickstoffhaltigen Ammoniaks aus. Als Verbindungen gelangen sie in die Atmosphäre.“ Dort wird der Stickstoff dann fern der eigentlichen Schadstoffquellen abgelagert.

Alfred Fuchs, Leiter des Forstbetriebs Freising, weiß wie wichtig die Wälder für die Luftfilterung sind. Und er ist sich im Klaren darüber, wie wichtig der Bannwald um die Metropole München für die Luftversorgung ist. Die Grüngürtel um die Stadt liefern Sauerstoff und sie fungieren als „Wärmetauscher“. „Wenn unsere Wälder nicht wären, würde es in der Stadt noch heißer werden“, erklärt Fuchs. Dafür ist unter anderem die Verdunstungskälte der Bäume verantwortlich. Aus den kühlen Wäldern strömen am Abend kühle Luftmassen in die Städte bis in die tiefe Nacht hinein.

Ohne die Grüngebiete wäre die Schadstoffbelastung in Städten viel größer. Es gäbe mehr Feinstäube, weniger Sauerstoff und keine abendliche Abkühlung. Zum Glück wissen die regionalen Planungsverbände das und verhindern zum Beispiel in München jede wallartige Bebauung, die die Luftzirkulation behindern könnte.

Maria Millitzer ist inzwischen fertig geworden. Nächsten Dienstag wird Maria wieder in Ruhe im Kranzberger Forst arbeiten können.



Regensammler zur Analyse der Stoffeinträge im Bestandesniederschlag unter dem Kronendach.

## Feine Stäube sind die schlimmsten

Ein Gespräch über die gesundheitlichen Auswirkungen guter und schlechter Luft mit der renommierten Epidemiologin Prof. Dr. Annette Peters.



PROF. DR. ANNETTE PETERS

ist Direktorin des Instituts Epidemiologie II am Helmholtz Zentrum, Lehrbeauftragte für Environmental Cardiology an der Harvard School of Public Health, WHO-Beraterin und ehemalige Präsidentin der Internationalen Gesellschaft für Umweltepidemiologie.

**Frau Peters, wie gut ist eigentlich die bayerische Luft?**

Die Luft in den bayerischen Städten ist überwiegend gut, wenn man die europäischen Grenzwerte zugrunde legt. Wir sehen allerdings in unseren großen epidemiologischen Studien, dass auch noch Gesundheitseffekte unterhalb dieser Grenzwerte auftreten. Insbesondere in der Nähe von Quellen, zu denen auch die Straßen gehören, sind die Konzentrationen sehr hoch. Aber auch im Englischen Garten kann man Auswirkungen auf die Gesundheit feststellen, obwohl die Konzentrationen der Schadstoffe verhältnismäßig niedrig sind. Im Hinterland der Städte wird die Luftqualität deutlich besser und auf der Zugspitze ist die Luft wirklich sauber. Von daher gibt es schon gute Luft in Bayern.

**Luftkurorte findet man vor allem am Meer, in den dicht bewaldeten Mittelgebirgen und in den Bergen. Worin unterscheidet sich die Luftqualität dieser Standorte?**

Alle drei Standorte verfügen über sehr saubere Luft. Die Seeluft enthält Salz-Aerosole, kleine schwebende Tröpfchen, die sehr angenehm für die Atemwege sind. In den Wäldern empfindet man die ätherischen Öle, die die Pflanzen abgeben, als wohltuend. Und die Bergluft ist einfach besonders sauber. Hier sind fast gar keine Partikel mehr vorhanden.

**Erkennt der Mensch intuitiv, was gute Luft ist?**

Der Mensch kann wahrscheinlich sehr gut erkennen, was ihm gut tut, aber vieles davon geschieht unterbewusst. Wie sehr sich Atemwege öffnen, steuern wir ja nicht mit dem Bewusstsein.

**Wie wichtig ist gute Luft für den Menschen?**

Es gibt in den USA aktuell Untersuchungen dazu, wie sich Grünflächen und Seen, sogenannte „green und blue spaces“ auf die Gesundheit auswirken. Man versucht zu quantifizieren, wie sehr uns das gesund macht. Wir nennen unsere Parks nicht ohne Grund „grüne Lungen“. Sie erzeugen eben nicht nur Sauerstoff, sondern filtern auch die Schadstoffe aus. Je komplexer die Strukturen sind, an denen die Luft vorbeiströmt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Feinstaub sitzen

bleibt und die Gase reagieren. Es gibt auch Versuche, mit Moosen und Flechten Stadtluft zu filtern. Aber natürlich muss man im Endeffekt bei den Verursachern ansetzen und die Emissionen vermindern.

**Welche Gesundheitseffekte sind auf Feinstäube zurückzuführen?**

Man konzentrierte sich zunächst nur auf die Effekte auf die Lunge und hat dann Anfang der 90er Jahre erkannt, dass die Luftbelastung auch ein erhöhtes Herzinfarkttrisiko bedeutet. Je mehr Daten ausgewertet wurden, desto eindeutiger trat es an den Tag. Schlechte Luft hat einen Anstieg der Gesamtsterblichkeit zur Folge, und das geht vor allem auf die Herz-Kreislauferkrankungen zurück. Bei den Lungenerkrankungen sieht man vor allem, dass die Lungenentwicklung gestört ist. In mehrbelasteten Gegenden sind die Lungenfunktion und die Atemfähigkeit vermindert. Bei Kindern treten zudem vermehrt Mittelohrentzündungen auf, Atemwegsinfekte verschlimmern sich. Außerdem hat man festgestellt, dass in belasteten Gegenden Kinder mit geringem Gewicht geboren werden. In jüngster Zeit vermutet man, dass sich auch das Diabetesrisiko erhöht und dass es aufgrund von Partikeln, die durch die Nase ins Hirn gelangen, zu neurodegenerativen Veränderungen kommen kann.

**Sie sagen, dass die Richtwerte in Deutschland sich verändern müssen.**

Beim Feinstaub werden die europäischen Richtwerte selten überschritten. Unserer Meinung nach sind diese Werte zu hoch. Wenn man die strengeren US-amerikanischen Richtlinien zugrunde legen würde, hätten viele bayerische Städte ein Problem. Unsere Städte sind dichter bebaut und weniger belüftet als die amerikanischen, und deshalb kommt es immer wieder zu Schadstoffansammlungen. Die Feinstaubemissionen müssen definitiv noch weiter reduziert werden.



**„Bäume aus-  
reißen, mit dem  
Luftgewehr  
schießen, Omas  
erschrecken:  
Ich hatte eine  
Spitzenkindheit  
im Wald.“**

Peter Brugger ist der Sänger der Sportfreunde Stiller, der erfolgreichsten deutschen Indie-Rock-Band. Mit Gesangstechnik beschäftigte er sich erst spät und auch nicht ganz freiwillig. Hier erklärt er, wie man mit bösen Zischlauten sein Zwerchfell kennenlernt, mit welcher Atemübung er seine Nervosität im Zaum hält und wieso es so toll ist, beim Sport kaum noch Luft zu bekommen.

FOTOS — MATTHIAS ZIEGLER  
INTERVIEW — PAUL-PHILIPP HANSKE

### Peter Brugger, wann waren Sie zum letzten Mal so richtig außer Atem?

Im Winter, beim Eishockey. Das habe ich für mich entdeckt. Ein unglaublicher Sport, was das Atmen anbelangt. Man powert sich für die zwei Minuten, in denen man eingewechselt ist, komplett aus, das Herz schlägt wie blöd und man kann es kaum noch „derschnaufen“, wie man in Bayern sagt – man bekommt kaum noch Luft. Aber das kenne ich gut, vom Fußball her.

### Die Sportfreunde Stiller sind also nicht nur eine Fußballhymnen-Band, Sie spielen auch selbst noch Fußball?

Natürlich! Mit meiner Freizeitmannschaft, den „Atomic-Allstars“, benannt nach dem berühmten Club „Atomic Café“ in München.

### Welche Position?

Mittelfeld, links oder rechts, das ist mir wurscht, weil ich beidfüßig bin. Auch genannt „die Lunge des Teams“.

### Die Lunge des Teams?

Ja, weil ich so gut laufen kann. Und wenn ich einen Ball vor mir hab, dann noch besser als ohne. Ich liebe es, wenn man atemmäßig an die Grenze geht und so schnell rennt, dass man meint, es haut einen zusammen. Am schönsten ist dieses Gefühl, wenn man dann merkt, dass es doch noch geht, dass doch noch irgendwo Luft her kommt. Und dass man sich von Spiel zu Spiel steigert.

### Wie oft trainieren Sie?

Ich gehe im Wald laufen, manchmal bis zu fünf Mal die Woche, oft bin ich aber auch faul.

### Wie wichtig ist es für Sie als Sänger, gut trainiert zu sein?

Ich sage mal: Das schadet sicher nicht. Viel wichtiger ist es aber, richtig zu atmen. Seltsamerweise war es die längste Zeit, seit es unsere Band gibt, gar kein Thema für mich. Ich hatte auch keinen blassen Schimmer davon, was ich da eigentlich tat. Ich hab einfach intuitiv rausgesungen.

### Das passt ja auch zum Stil Ihrer Band – emotional anrührende Texte, oft eher geschrien als gesungen ...

Ja, stimmt schon. Ich habe wenig Schnörkel und wenig Verzierungen in meinem Gesang. Als ich begonnen habe zu singen, habe ich einfach Texte geschrieben, mir Melodien ausgedacht und beides irgendwie über Gitarrenakkorde gelegt. Gewissermaßen ist das noch heute so. Viele sagen, das hat nicht viel mit Singen zu tun, aber das ist mir mittlerweile egal.

### Aber wieso haben Sie angefangen, mehr auf Ihren Gesang zu achten?

Ich hatte oft mit Heiserkeit zu kämpfen und damit, dass meine Stimme weg war. Als große Tourneen anstanden, hatte ich sogar manchmal Schiss, dass ich das stimmlich gar nicht mehr packen könnte. Zum Glück musste ich nie ein Konzert abbrechen. Aber es stresste mich. Auch auf Tour dachte ich oft, ich müsse meine Stimme tagsüber schonen, damit sie am Abend

am Start ist. Das führte dann teilweise dazu, dass ich den ganzen Tag nichts sprach und mich zurückzog, was total ätzend war. Da war ich teilweise richtig psychomäßig drauf.

### Was haben Sie dagegen getan?

Ich nahm Gesangunterricht, und zwar als ich mich auf unser Unplugged-Konzert in New York vorbereitete. Das war 2009, immerhin zwölf Jahre nach unserer Bandgründung. Da dachte ich mir, es könnte doch auch langsam mal besser werden, mit dem Gesang.

### Was haben Sie gelernt?

Na, zum Beispiel, dass es genau falsch war, den Tag vor einem Konzert nicht zu sprechen. Die Stimmbänder sind ein Muskel. Der funktioniert, wenn er trainiert wird und Regenerationsphasen bekommt, was aber meistens im Schlaf geschieht. Außerdem arbeitete ich an meiner Atmung.

### Was heißt das?

Es klingt banal: Wenn du keine Luft hast, kannst du auch keine Töne rauslassen, so einfach ist das. Und das hat ganz viel mit Haltung zu tun. Ein Ton entsteht nicht im Hals, sondern im Bauch. Dafür gibt es Übungen.

### Verraten Sie uns die?

Na gut, hier im Wald hört uns ja keiner. Also: Stellen Sie sich vor, Sie schauen gerade Bayern München gegen Real Madrid – und dann kommt ein kleines Kind in den Raum und fängt zu plappern an. Und Sie möchten nur das Spiel sehen und machen zu dem Kind, so laut es geht: SCHHH! Und das öfter hintereinander, regelmäßig. SCHHH-SCHHH-SCHHH! So bekommt man schnell ein Gefühl dafür, wo das Zwerchfell sitzt.

### Wieso ist das wichtig?

Das ist für das Singen zentral. Am Anfang meint man, man müsse beim Singen die Lungen aufblähen. Aber das ist Quatsch. Man muss in den Bauch atmen und den Ton von unten her stützen. Aber das habe ich auch sehr spät gelernt. 14 Jahre lang habe ich versucht, den Ton aus der Lunge zu quetschen und mir ist jedes Mal fast die Halsschlagader geplatzt.

### Was machen Sie direkt vor dem Konzert?

Da wärme ich meine Stimmbänder auf.

### Wie geht das?

BRRRRRR – Brummen und dabei die Lippen flattern lassen, in unterschiedlichen Tonhöhen und Tonlagen. Am besten, man brummt eine Welle: tiefe und hohe Töne. Das ist sehr entspannend für den ganzen Kiefer- und Mundbereich. Vor dem Konzert gehe ich backstage rum und brumme vor mich hin. Inzwischen ertappe ich mich auch dabei, dass ich brummend durch den Wald gehe, wenn ich mit dem Hund Gassi bin.

### Wie ist es eigentlich bei den Texten? Gibt es da bestimmte Einschnitte, an denen geatmet werden muss?

Naja, sagen wir mal: Das sollte so sein. Das muss einem eigentlich in Fleisch und Blut übergehen. Und natürlich muss das dann auch noch unbewusst laufen, sonst klingt es gewollt und falsch. Aber ehrlich gesagt ist das nur bei manchen Liedern der Fall.

### Bei welchen?

Wenn ich ein Lied 2000 Mal gesungen habe, klappt das langsam mal. Und dann gibt es natürlich auch die Lieder, mit denen man sich sehr identifiziert, da klappt das mit dem Schnaufen auch immer sehr gut. Wenn die Emotion eines Liedes tief in mir drin hockt, kann ich das singen, immer. Aber dann gibt es natürlich auch noch den Fall, dass man über die Bühne rennt und zappelt und dass einem plötzlich die Luft ausgeht. Dann halte ich kurz ein und denke mir: „Schnauf doch mal wieder!“, mache eine kurze Pause und dann geht es schon wieder. Schwieriger ist es da manchmal, die Nervosität in den Griff zu bekommen. Interessanterweise hilft dagegen aber auch eine Atemübung, die ich in Yoga gelernt habe.

### Der Sänger der „Sporties“ macht Yoga?

Ja, ich habe vor fünf Jahren damit angefangen. Das klingt jetzt etwas klischeemäßig: Ich war in Indien und da war ein super Ort, so ein Pavillon, einige Kilometer über dem Meer, und ich hatte eine prima Yoga-Lehrerin. Seither habe ich das für mich entdeckt. Den „Baum“ kann ich zum Beispiel ganz hervorragend. Das passt ja auch ganz gut zum Wald gerade. *(Er macht den Baum: Er steht auf einem Bein und klemmt den rechten Fuß über das linke Knie.)*

„Ich liebe es, wenn man atemmäßig an die Grenze geht und so schnell rennt, dass man meint, es haut einen zusammen.“

PETER BRUGGER



„Am Anfang meint man, man müsse beim Singen die Lungen aufblähen. Aber das ist Quatsch. Man muss in den Bauch atmen und den Ton von unten her stützen.“

PETER BRUGGER



#### **Imposant. Und die Atemübung?**

Es hört sich ganz einfach an, ist aber verdammt schwer: Man konzentriert sich nur auf das Atmen und versucht an nichts anderes zu denken. Immer, wenn es einem gelingt und man sich darüber freut, denkt man ja schon wieder an was und ist raus. Wenn man aber etwas Übung hat, ist das unglaublich gut, um runter zu kommen, um sich selbst dabei zu beobachten, wie man atmet, oder besser: wie man geatmet wird, denn das geht ja von alleine. Sonst würden wir ja im Schlaf ersticken. Wenn ich merke, dass mir gerade alles too much wird und ich vor dem Konzert zu aufgeregt bin, ziehe ich mich zurück, mache den Baum oder die Atemübung und komme wieder auf ein gutes Gleis.

#### **Sind Sie noch nervös vor Konzerten?**

Auf jeden Fall, fast immer. Auch bei einem Konzert zuhause, weil da ja viele Freunde sind, die besonders kritisch zuhören. Zum Glück legt es sich meistens schon beim ersten Song.

#### **Was machen Sie eigentlich nach dem Konzert gegen die Heiserkeit?**

Dagegen hilft eine Kippe und Weißbier. Im Ernst: Wenn es mir gut geht, geht es auch meiner Stimme gut.

#### **Stören Sie also verrauchte Clubs nicht?**

Natürlich, es ist schon ein bisschen angenehmer, dass drinnen nicht mehr geraucht wird. Aber eigentlich bin ich gegen das Rauchverbot. Laute Musik und verrauchte Luft, das gehört für mich einfach zum Club dazu – in dieser Atmosphäre entstanden die ganz großen Momente. Heute ist einfach alles viel cleaner. Was mich auch viel mehr stört als der Rauch, ist klimatisierte Luft – im Hotel oder im Nightliner, wenn es zu trocken oder zu kühl ist. Da gibt es auch immer Diskussionen innerhalb der Tour-Crew. Und die Frage, bei welcher Temperatur man gut schlafen kann, führt schon manchmal zum Streit. Aber wenn sich die anderen nicht auf meine Temperatur einlassen, die bei exakt 20 Grad liegt, habe ich immer das bessere Argument: „Willst du, dass die Tour nicht weiter geht, weil ich mich erkälte? Willst du das wirklich?“

#### **Wenn man eine Musikerkarriere beginnt, ist es ja alles andere als klar, dass die auch von Erfolg gekrönt ist. Woher hatten Sie den langen Atem?**

Ich hatte immer eine Riesenfreude dran, mit den beiden anderen Typen (Flo Weber, Schlagzeug und Rüdiger Linhof, Bass) unterwegs zu sein. Am Anfang im VW-Bus, zu Gigs, wo wir vor einer Hand voll Leuten gespielt haben. Schon bei unserem ersten Konzert, da hießen wir noch „Endkrass“ und spielten im „Knast“ in Germering, war mir klar, dass dieses Gefühl, auf der Bühne zu stehen, das Tollste ist, was es überhaupt gibt. Naja, von Fußball mal abgesehen, wenn du einen geilen Seitfallzieher in den Winkel reinknallst, dann ist das natürlich kaum zu toppen.

#### **Ihr aktuelles Album heißt „New York, Rio, Rosenheim“. Ein Plädoyer für die Provinz?**

Naja, es ist natürlich ein Zitat des 80er-Jahre-Hits „New York, Rio, Tokio“. Und auch ein bisschen dem Reim geschuldet, es musste sich halt auf „sein“ reimen. Aber natürlich, Rosenheim steht für unsere Heimat. Es ist gewissermaßen eine Metapher. Auch wenn wir nicht direkt aus Rosenheim kommen.

#### **Wo kommen Sie genau her?**

Ich bin in Germering im Münchener Westen aufgewachsen. Es ist sehr provinziell. Aber ich mochte es sehr gerne. Und weil wir uns gerade im Wald befinden: Bis zur Pubertät war ich jeden Tag im Wald. Entweder ich war Fußballspielen – oder im Wald. Deswegen bin ich auch so verbunden damit.

#### **Was haben Sie da gemacht?**

Scheiß gebaut natürlich!

#### **Zum Beispiel?**

Lager gebaut. Uns mit anderen Banden bekriegt. Die Lager der anderen zerstört, uns wahnsinnig aufgeregt, wenn unsere Lager zerstört wurden, Tannenzapfenschlachten gefochten. Ganz groß war auch das Bäumeausreißen.

#### **Das was?**

Das darf ich jetzt hier wahrscheinlich gar nicht erzählen. Na egal. Da war so ein dichtes Gehölz, Unterholz, sag ich mal dazu, ganz dunkel war es da und etwas gruselig, deshalb waren wir besonders gerne da drinnen. Und da gab es so vertrocknete Bäume, die waren nicht mehr richtig verwurzelt und die konnte man mit einem großen Ruck ausreißen. Da haben wir einen regelrechten Wettkampf draus gemacht. Mit den ausgerissenen Bäumen haben wir dann

Omas erschreckt. Wir waren die legendäre Hut-Bande.

#### **Sie trugen Hüte?**

Ja, weniger als Fashion-Statement, wir wollten nicht sofort erkannt werden. Das half aber auch nichts, als wir mit dem Luftgewehr unseres Nachbarn im Wald herumgeballert haben. Ein Spaziergänger sah uns und rief die Polizei. Und als wir unschuldig pfeifend aus dem Wald kamen, wartete die schon und überführte uns der Tat. Solche Sachen hab ich im Wald gemacht. Es war eine Spitzen-Kindheit. Lange Jahre hatte ich dann gar keine Beziehung zum Wald – erst als ich vor zehn Jahren wieder aufs Land gezogen bin, habe ich gemerkt, dass er mir gefehlt hat.

#### **Was genau hat Ihnen gefehlt? Die gute Luft?**

Naja, nicht direkt. Es war mir zumindest nicht bewusst. Dazu muss man auch sagen, dass die Smog-Verhältnisse in München nicht so tragisch sind. Es ging mir eher darum, dass ich ständig so viel Trubel um mich hatte und ein Gegengewicht brauchte. Seither mag ich auch die Stadt wieder viel lieber. Aber als ich dann draußen war, merkte ich den Luftunterschied dann schon. Jetzt fällt es mir sofort auf, wo die Luft gut ist – etwa hier.

#### **Was riechen Sie gerade?**

*(Schnuppert)* Vor allem diesen morschen Baum, auf dem wir gerade sitzen, der riecht pilzig. Dann knallt die Sonne auf den Boden und auf die Stämme, das riecht harzig. Da hinten wird es dicht und dunkel, da wird es moosig und feucht riechen. Dort wird es auch ein paar Grad kühler sein. Das mag ich besonders gerne: Wie man im Wald unterschiedliche Klimazonen spürt. Das merkt man vor allem, wenn man joggt. Oder mit dem Hund geht. Meiner zwingt mich dazu, jeden Tag in den Wald zu gehen und dafür bin ich sehr dankbar.

#### **Auch im November?**

Bevor man rausgeht, ist es oft ätzend. Wir gehen am Morgen, etwa eine Stunde. Aber dann ist es immer gut, auch wenn es regnet oder graupelt. Ich finde es unglaublich, wie man die Jahreszeiten erlebt im Wald. Da möchte ich keine missen. Außerdem habe ich eine sehr nette Gassi-Gruppe kennengelernt, deren Durchschnittsalter bei etwa 60 Jahren liegt. Im Winter gibt es manchmal selbstgebrannten Schnaps zu verköstigen, was immer eine Freude ist.

„Nach zwölf Jahren in der Band dachte ich mir: Langsam könnte es mal besser werden mit dem Singen.“

PETER BRUGGER

# Was ist Emissionshandel?

ILLUSTRATION — FLORIAN SÄNGER  
TEXT — BENEDIKT SARREITER

**Kein anderes Treibhausgas trägt so stark zur globalen Erwärmung bei wie Kohlendioxid. Seit Jahrzehnten steigt sein Ausstoß fortlaufend. Völlig verhindern wird man die Freisetzung von CO<sub>2</sub> nie können, es sei denn man hört auf zu atmen, doch wie kann man sie reduzieren? Mit Verboten, Gesetzen, Vorschriften? Es hat sich ein anderes Modell bewährt. Es ist marktorientiert, es funktioniert und es heißt: Emissionshandel.**

Eines der größten Umweltprobleme der 1980er Jahre, man vergisst es leicht, war der saure Regen. Er griff weltweit Wälder, Gewässer und Gebäude an, besonders stark in den USA. Die amerikanischen Kohlekraftwerke zwischen New York und Los Angeles bliesen eine riesige Menge Schwefeldioxid in die Luft, die dann als Schwefelsäurewasser zurück auf die Erde regnete. Die toxischen Schauer zogen bis nach Kanada. Dessen damaliger Premierminister Brian Mulroney war darüber so verzweifelt, dass er sich öffentlich fragte, ob es nicht an der Zeit wäre, den USA den Krieg zu erklären. Ein bitterer Witz. Die amerikanische Regierung erließ viele Gesetze, um die giftigen Wolken einzudämmen, doch sie stiegen weiter in unveränderter Mischung auf. Erst mit einer Idee des Wirtschaftswissenschaftler John Dales aus den 60er Jahren wurde man der Luftverschmutzung Herr. Dales nannte sein Programm für Verschmutzungsregulierung „Cap and Trade“. Der Grundgedanke war einfach: Die Politik erlässt jedes Jahr eine Obergrenze (Cap) für den Ausstoß von Umweltgiften. Die Unternehmen müssen schauen, wie sie unter diesem Limit bleiben. Sie haben zwei Möglichkeiten: Entweder investieren sie in Filter und moderne Technik, um ihre Verschmutzungsrate zu mindern oder sie kaufen von der Regierung Erlaubnisse zur Verschmutzung, sogenannte Emissionszertifikate, um den erlaubten Rahmen einzuhalten und um keine Strafe für die Überschreitung der Cap zu zahlen. Bleibt ein Unternehmen durch seine Maßnahmen unter dem Limit, kann es überschüssige gewor-

dene Zertifikate an andere Unternehmen, die noch welche brauchen, verkaufen (Trade). Es macht letztlich also Gewinn mit Umweltschutz. Jedes Jahr wird die Cap nach unten gesetzt, was den Druck auf die Verschmutzer steigert, sauberer zu werden. Dales folgte der einfachen Prämisse, dass Menschen von einer Sache leichter zu überzeugen sind, wenn man sie für das Mitmachen belohnt und nicht dazu zwingt. Es dauerte 20 Jahre, bis aus seiner Idee Wirklichkeit wurde, bis ein Mann Präsident der USA wurde, der als Kriegsherr, aber nicht als Öko-fighter in die Geschichte einging. George Bush, der Ältere, sagte kurz nach seinem Amtsantritt: „Die Zeit des Beobachtens ist vorbei, wir müssen jetzt handeln!“ Er meinte damit nicht den Angriff auf den Irak, sondern den Kampf gegen den sauren Regen, und zwar mit Cap and Trade. Viele waren skeptisch und



## Klimaziele

### Klimaziele laut Kyoto-Protokoll

Die Emissionen aller Industrienationen zusammen sollten bis 2012 im Vergleich zu 1990 um 5,2 Prozent sinken, die der EU um acht Prozent, die von Deutschland um 21 Prozent. Die Ziele für die nächste Periode bis 2020 wurden noch nicht festgelegt. Deutschland verpflichtete sich freiwillig, seine Emissionen um 40 Prozent gegenüber den Werten von 1990 zu reduzieren.

### Bemessungsgrundlage

Die Ziele des jeweiligen Landes bemessen sich nach dessen wirtschaftlicher Entwicklung, wie hoch zum Beispiel der Anteil von Schwerindustrie und Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen ist. Entwicklungs- und Schwellenländer sind von den Verpflichtungen ausgenommen.

### Wald und Holz

Ein hoher Waldanteil wirkt sich positiv auf die Kyoto-CO<sub>2</sub>-Bilanz aus, da Bäume im Holz Kohlenstoff speichern. Im europäischen Vergleich ist die jährlich Speicherleistung des deutschen Waldes mit 1,2 Millionen Tonnen Kohlenstoff am höchsten. Zusätzlich entzieht er pro Jahr der Atmosphäre 25 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>, was ungefähr den Emissionen des von Deutschland ausgehenden Luftverkehrs entspricht (*Stand 2010*). Für die CO<sub>2</sub>-Bilanz wird seit 2012 auch Holz als Bau- oder Werkstoff berücksichtigt, da Holz weiterhin Kohlenstoff speichert.

zunächst passierte auch wenig. Doch 1995 verringerte sich der Ausstoß von Schwefeldioxid in den USA um drei Millionen Tonnen und lag damit weit unter der vorgegebenen Cap. Der US-Schwefeldioxid-Emissionshandel funktionierte und er besteht bis heute.

Zwei Jahre danach, 1997, trafen sich die Länder der Welt im japanischen Kyoto. Auf dem Weltklimagipfel sollte ein Ansatz gefunden werden, wie man der Bedrohung der globalen Erwärmung begegnen könnte. Schon lange hatten Klimaforscher gewarnt, dass die immer weiter steigende Emission von Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan oder Lachgas vor allem durch die Industrieländer das Erdklima verändert. In Kyoto reagierte die Politik auf die Appelle von Forschern und Umweltverbänden und legte nach zähen Verhandlungen internationale Grenzwerte und Klimaziele fest. Die gesamte EU und 191 Einzelstaaten haben das Kyoto-Protokoll unterzeichnet. Nur die USA, China und Australien erkennen es bis heute nicht an. Die Ziele, die bis 2012 ausgegeben wurden, sind weitgehend erreicht worden (*siehe Kasten*). In der zweiten Phase des Protokolls, die bis 2020 andauern soll, sind noch keine klaren Ziele formuliert worden. Die Auswertung der ersten Phase soll dieses Jahr beendet werden. Ein Problem ist, dass nun auch Japan, Russland, Kanada und Neuseeland ausgestiegen sind. Somit fehlen immer mehr Länder, die zu den Hauptverursachern von Emissionen gehören.

Selbst die im Abkommen von Kyoto verankerten, marktwirtschaftlichen Hilfsmittel, die es den Industrieländern ermöglichen sollten, die Kosten für die Emissionsreduktion erträglich zu halten, konnten sie anscheinend nicht überzeugen. Über diese Hilfsmittel können Industrienationen Verschmutzungsrechte von Entwicklungsländern kaufen, wenn sie dort oder zuhause in Aufforstungsprojekte oder klimafreundliche Energiegewinnung, also zum Beispiel Windkraftanlagen, Solarfelder oder Biogasanlagen, investieren. Mit den erhaltenen Zertifikaten kann man die eigene Treibhausgasbilanz wiederum schöner gestalten. Diese von der UN überwachten Projekte laufen unter dem Namen „Clean Development Mechanism“ (CDM) (*siehe Kasten*).

Der größte, erste und bislang einzige länderübergreifende Marktplatz für den Handel mit Emissionsrechten ist seit 2005 die Europäische Union. Nachdem im Kyoto-Protokoll die Klimaziele fixiert worden waren, einigten sich die EU-Mitgliedsstaaten, die Lasten der Reduktion untereinander aufzuteilen. Reiche Länder mit einem hohen Treibhausgasausstoß wie Deutschland oder Großbritannien verpflichteten sich, mehr Kohlendioxid einzusparen als etwa Griechenland, das seine Emissionen sogar noch um 25 Prozent erhöhen dürfte. Um die Ziele bis 2012 und darüber hinaus zu erreichen, wurde das System aus der amerikanischen Saure-Regen-Zeit eingeführt, ein Cap and Trade Emissionshandel. Wie dort richtet das System sich an die Hauptverursacher der Emissionen, an Unternehmen, die besonders viel Energie verbrauchen und für die Hälfte des Kohlendioxid-Ausstoßes in Europa verantwortlich sind. Es sind unter anderem Unternehmen aus der Stahlindustrie, aus der Zementherstellung und die Stromerzeuger. Jede Anlage, jede Fabrik dieser Branchen – zurzeit sind es um die 11 000 in ganz Europa – wurde erfasst und deren CO<sub>2</sub>-Emission analysiert. Die Europäische Union bestimmt jedes Jahr eine Cap, eine Obergrenze, die keine Anlage überschreiten darf und verteilt an die Unternehmen Emissionsrechte. Bisher wurden sie weitgehend verschenkt. Man wollte so gewährleisten, dass die Unternehmen durch Zusatzkosten keine Nachteile gegenüber internationalen Konkurrenten und trotzdem einen Ansporn haben, Emissionen zu verringern, weil sie dadurch mit überflüssig gewordene Zertifikate handeln dürfen. Sie können sie untereinander oder an speziell eingerichteten Börsen (es gibt sie in London, Leipzig und Wien) verkaufen oder kaufen, je nach Bedarf. Zunächst waren die Nachrichten nach dem Anlaufen des Emissionshandels gut. Die Treibhausgasemissionen in der EU sind bis 2012 im Vergleich zu 1990 um 15 Prozent zurückgegangen, in Deutschland gar um 25 Prozent. Doch seit geraumer Zeit ist der Zertifikatshandel malade. Durch die letzte Wirtschaftskrise ist die Produktion in Europa zurückgegangen. Weniger Produktion bedeutet weniger Auslastung der Fabriken, was wiederum weniger Emissionen nach sich zieht. Und so blieben viele Anlagen automatisch unter der Cap, die Unternehmen brauchten weniger Zertifikate, die Nachfrage fiel und mit ihr der Preis, und zwar dramatisch. Lag er früher einmal bei 30 Euro pro Zertifikat, sind es heute um die fünf. Die Folge: Es sind zu viele Zertifikate auf dem Markt, was auch

## CDM

### Clean Development Mechanism (Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung)

#### Was?

Das CDM-Programm der UN ermöglicht es Industrieländern und Unternehmen durch Projekte in Entwicklungsländern und Schwellenländern, die zur CO<sub>2</sub>-Reduktion beitragen, die eigene CO<sub>2</sub>-Bilanz zu verbessern.

#### Wo?

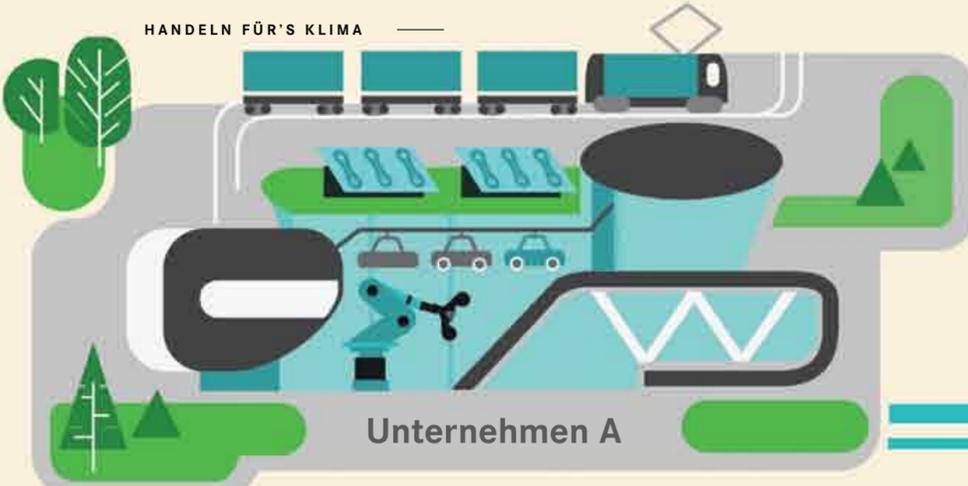
CDM-Programme und -Projekte gibt es in 128 Ländern weltweit, 105 davon sind Entwicklungsländer.

#### Wieviele?

Seit der Einführung des CDM wurden bis heute um die 7 500 Projekte ins Leben gerufen. Laut UN wurden durch sie 1,5 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart.



daran liegt, dass viele Unternehmen am Clean Development Mechanism-Programm der UN teilnehmen. Ihre Investitionen in grüne Technologie in Entwicklungsländern werden mit Emissionsgutschriften entlohnt, die auch in der EU geltend gemacht werden können. Um den Überfluss an Zertifikaten einzudämmen, hat die EU gerade begonnen, Zertifikate kurzfristig vom Markt zu nehmen, 900 000 sollen es bis 2019 insgesamt sein. Das Angebot soll also künstlich verknappt werden, um den Preis für Zertifikate wieder zu steigern. Ob die Maßnahmen fruchten, wird sich zeigen. Doch trotz der derzeitigen Probleme bleibt der Emissionshandel ein vielversprechendes Werkzeug, um den Klimawandel zu mildern. Das weiß man nicht nur in Europa. Kalifornien führte vor zwei Jahren ein System ein, China wird es wahrscheinlich nächstes Jahr tun, Neuseeland und Australien arbeiten gerade an nationalen Umsetzungen. Der Weg zu einem internationalen Emissionshandelssystem, das global den meisten Nutzen hätte, ist zwar noch weit, die ersten Schritte sind aber gemacht.



Unternehmen A

BEWERTUNG DER EMISSIONSZERTIFIKATE

Seit 2013 bewertet die Europäische Union, wie viel Emissionen eine Industrieanlage abgeben darf, vergibt Emissionszertifikate und legt eine Emissionsobergrenze fest, die pro Jahr um 1,74 Prozent absinkt. In den Jahren davor haben diese Aufgaben die EU-Nationen selbst übernommen. Während dieser Zeit wurden die Zertifikate auch weitgehend verschenkt, um die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen auf dem Weltmarkt nicht zu gefährden. Seit letztem Jahr werden sie versteigert.

HANDEL ZWISCHEN UNTERNEHMEN

Unternehmen können Emissionszertifikate untereinander handeln. Bleiben Unternehmen durch umweltfreundliche Maßnahmen und Umbauten unter der Emissionsobergrenze und brauchen deswegen weniger Zertifikate, können sie den Überschuss direkt an Unternehmen verkaufen, die noch Berechtigungen zur Emission benötigen. Der Emissionsrechtshandel muss also nicht zwangsläufig über die Energiebörsen laufen.



EU-Kommission

- überwacht
- verwaltet Listen
- verteilt



Unternehmen B

Unternehmen B übersteigt Emissionsgrenze.

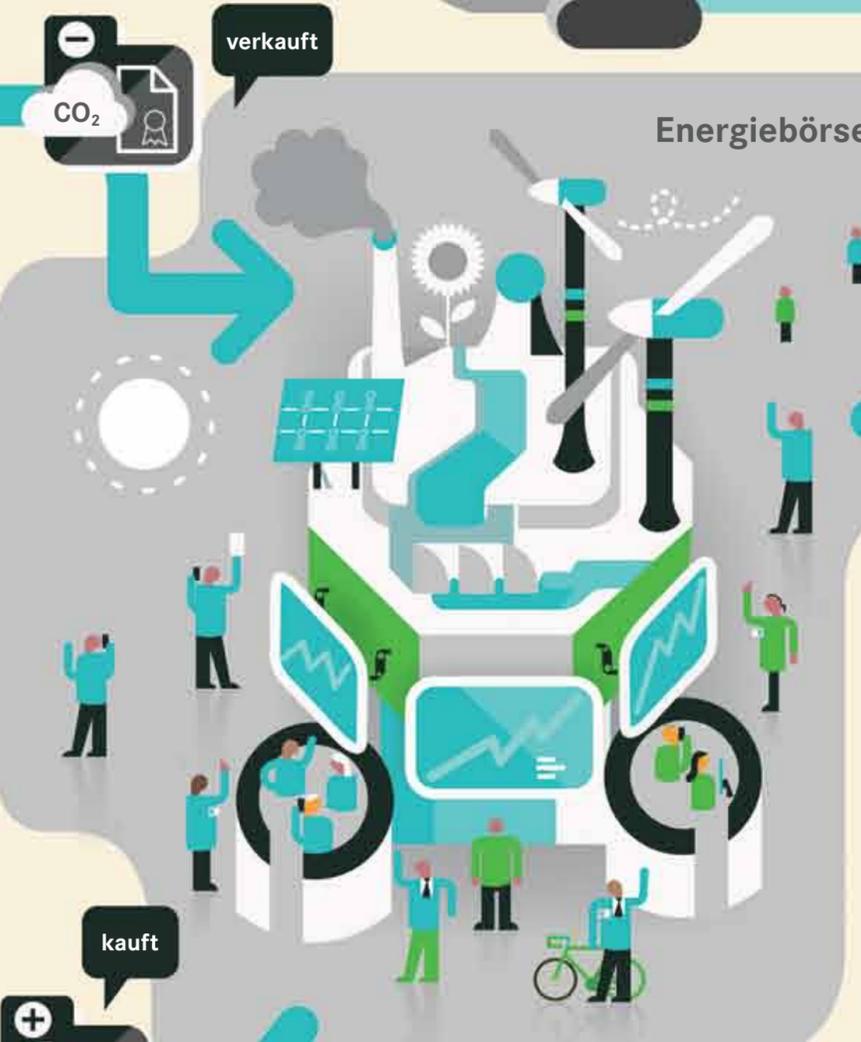
ZIEL: CO<sub>2</sub>-REDUKTION

Die Europäische Union führte 2005 den Emissionshandel als Werkzeug ein, um die im Kyoto-Protokoll festgeschriebenen Klimaziele zu erfüllen. Seitdem ist der Ausstoß von Kohlenstoffdioxid in Europa um acht Prozent zurückgegangen. Schaut man sich die reinen Zahlen an, muss man den Emissionshandel also als Erfolg bezeichnen. Die vorläufigen Klimaziele sind weitgehend erreicht. Inwieweit das aber mit dem Handel oder doch eher mit der eingeschränkten Auslastung von Fabriken während der letzten Wirtschaftskrise zu tun hat, ist unklar.



Ziel: CO<sub>2</sub>-Reduktion

CO<sub>2</sub>



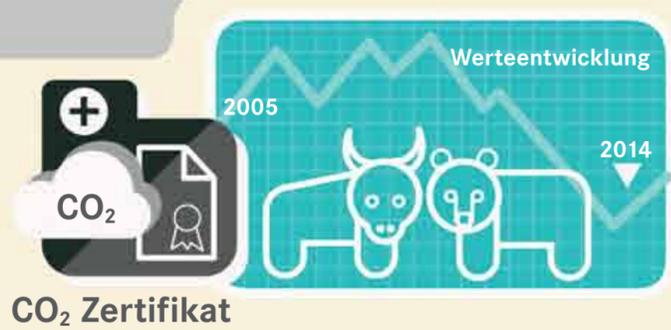
Energiebörse

DIE ENERGIEBÖRSEN

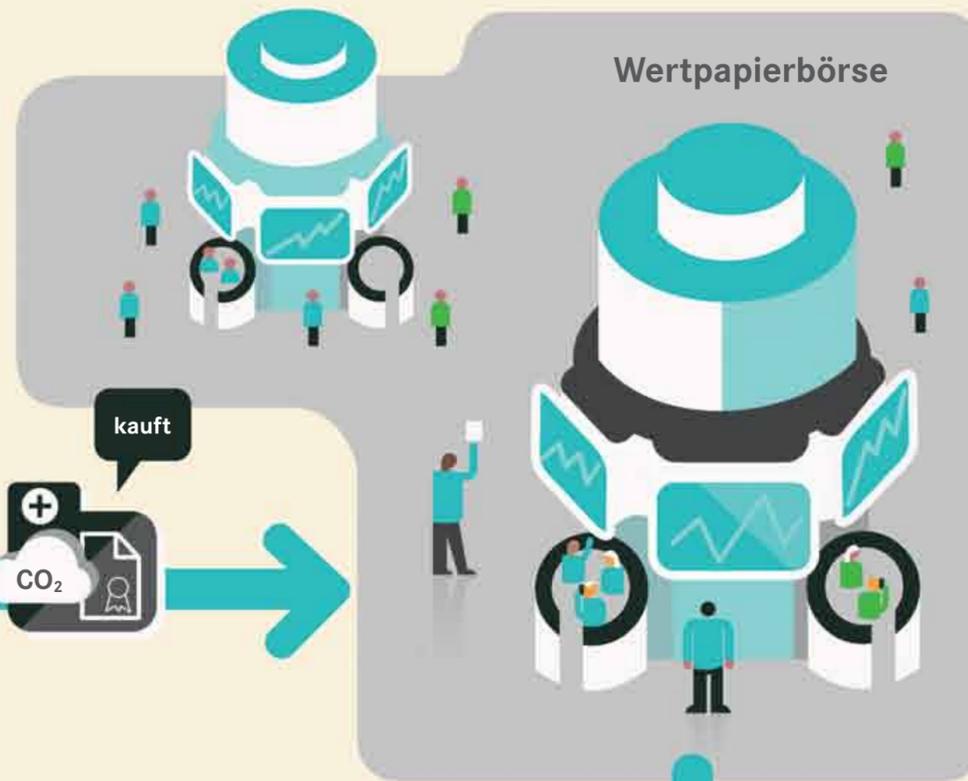
Energiebörsen sind die Zentren des Handels mit Emissionsberechtigungen. Hier werden sie ähnlich wie Rohstoffe verkauft und gekauft. Hier werden die Kurse, die den Preis für Zertifikate definieren, bestimmt, nur hier ist die Abwicklung der Emissionsgeschäfte möglich. Die wichtigsten Energiebörsen sind die European Energy Exchange (EEX) in Leipzig, die International Petroleum Exchange (ICE) in London und die Energy Exchange Austria (EXAA) in Wien.

WERTEENTWICKLUNG AM MARKT

Der Preis für Emissionszertifikate ist in den letzten Jahren gefallen. Lag er vor fünf Jahren noch bei 25 bis 30 Euro pro Zertifikat, bezahlt man heute nur noch um die fünf Euro. Der Wertverfall hat seinen Grund in der letzten Wirtschaftskrise. Durch sie ging die Produktion so stark zurück, dass viele Unternehmen keine Zertifikate mehr kaufen mussten, um unter der Emissionsgrenze zu bleiben. Dadurch erhöhte sich das Angebot bei nachlassender Nachfrage, was den Preis senkte.



CO<sub>2</sub> Zertifikat



Wertpapierbörse

kauft



HANDEL FÜR PRIVATANLEGER

Privatpersonen können nicht direkt am Emissionshandel teilnehmen, aber sie können Zertifikate von einer Bank kaufen, die mit diesen wiederum an einer Zertifikatsbörse wie der Börse Stuttgart handelt und dort Rendite für den Privatanleger erzielen kann. An den Zertifikatsbörsen verkaufen Anbieter Emissionszertifikate, die sie zuvor an einer Energiebörse erstanden haben.



BANK

kauft



# Der Emissionshandel

Auf den Marktplätzen des Emissionsrechtehandels tummeln sich viele Teilnehmer. Der Staat vergibt Zertifikate, Börsen, Banken, Unternehmen und Privatpersonen kaufen und verkaufen sie. Sie bestimmen Angebot und Nachfrage. Es entsteht ein Kreislauf, der helfen soll, den Kohlendioxid-Ausstoß zu senken. Wie er funktioniert, und wer mit wem Geld gegen Zertifikat tauscht, zeigt folgende Infografik.

ILLUSTRATION — FLORIAN SÄNGER  
TEXT — BENEDIKT SARREITER

## Hätten Sie es gewusst?

ILLUSTRATION — EMILY ROBERTSON  
TEXT — BENEDIKT SARREITER, DIRK BÖTTCHER

**Welches Gebiet könnte zur neuen Kornkammer werden, wieso taut bald ein Riesenvirus aus alten Zeiten auf, und was hat die Größe unseres Gehirns mit dem Klimawandel zu tun? Die Veränderung des Erdklimas liefert erstaunliche Geschichten, sechs davon lesen Sie hier.**

### VON GIGANTEN UND SCHWINDENDER KÄLTE

Im sibirischen Permafrost erwachen winzige Riesen. Sie erreichen Ausmaße von 0,0015 Millimetern – gigantische Dimensionen für Viren. Einen solchen Riesenvirus weckte Matthieu Legendre von der Universität Aix-Marseille jüngst aus einem 30 000 Jahre währenden Winterschlaf. Das bislang unbekannt Pithovirus sibericum muss während der letzten großen Eiszeit im russischen Boden eingefroren sein. Im Labor aufgetaut, erwachte es unversehrt und infizierte umgehend eine Amöbe. Noch trennen Pithovirus sibericum 30 Meter Dauerfrostboden vom Leben auf der Erdoberfläche. Sollte der durch den Klimawandel tauen, wird erwartet, dass ein ganzer Mikrokosmos erwachen und allerhand Überraschungen für das Leben auf der Erde bereithalten wird. So stießen kanadische Wissenschaftler in Alaska auf Bakterien, deren DNA-Resistenzen gegen heute verwendete Antibiotika aufwies, obwohl auch diese Organismen seit mehr als 30 000 Jahren eingefroren waren. Die Wissenschaftler erklären dieses Phänomen mit dem Ursprung der Medikamente, die auf Basis natürlicher Abwehrmechanismen von Pilzen und Bakterien entwickelt wurden. Kommt die nächste Epidemie also aus dem Eis? Dieses Szenario erachten Forscher für wenig wahrscheinlich. Zwar ist zu vermuten, dass auf der Erdoberfläche verschwundene Erreger im Boden überdauern, aber damit weiß der Mensch bereits umzugehen. Vor Riesenviren wie Pithovirus sibericum muss er sich nicht fürchten. Nur die Amöbe.



### VON ASCHEN UND DER FARBE DES HIMMELS

Im Jahr 1815 brach der indonesische Vulkan Tambora aus und blies so viele Aerosole (Staubteilchen und Schwefeltropfen) in die Atmosphäre, dass das Sonnenlicht merklich geblockt wurde. Die bis heute gewaltigste Vulkaneruption der Geschichte führte zu einer globalen Abkühlung. In den USA schneite es im Juni, der deutsche Sommer war verregnet, es kam zu Ernteausfällen und Hungersnöten. Neben der Abkühlung ist ein weiterer Effekt eines hohen Aerosol-Anteils in der Luft eine Farbveränderung des Himmels. Sonnenuntergänge sind röter, auch die Anteile von Grün steigen. Diese Veränderung kann man, wie griechische und deutsche Physiker herausfanden, in den Werken von Malern beobachten, sie beeinflussen die Farbgebung ihrer Bilder. Die Forscher untersuchten hunderte Werke, die seit dem Jahr 1500 zu Zeiten großer Vulkanausbrüche entstanden sind. Caspar David Friedrich malte zwischen 1815 und 1816, also zur Tambora-Zeit, in Greifswald sein berühmtes Bild „Ansicht eines Hafens“. Das Rot des Sonnenuntergangs ist ausgeprägter als in seinen früheren Werken, was auf einen hohen Partikelgehalt in der Luft hinweist. Ähnliches gilt für die Werke des britischen Landschaftsmalers William Turner. Auch in ihnen kann man Zeichen einer teilchenhaltigen Luft erkennen. Die Forscher verglichen zwei Sonnenuntergangsbilder Turners. Im 1828 gemalten „The Lake, Petworth, Sunset“ ist der Abendhimmel blass, bei „Sunset“ aus dem Jahr 1833 dagegen leuchtend rot-orange – zwei Jahre zuvor war auf den Philippinen der Vulkan Ba-buyan Claro explodiert.



### VOM REIS UND DER KRAFT DER SONNE

Auf den Philippinen sind die Reispflanzen kleiner geworden. Das haben Forschungen des International Rice Research Institute (IRRI) ergeben. Seit 52 Jahren wird dort untersucht, welche Wirkung Klima, Insektenbefall, Dünger und Pestizide auf die Reisernte haben können. Ein Ergebnis: Seit den frühen 2000er Jahren geht der Ertrag auf den Versuchsfeldern zurück. Der Grund ist, dass durchschnittlich mehr Regen pro Jahr fällt und die Sonnenstunden weniger werden. Die Folge: geringeres Wachstum der Reispflanzen. Doch höhere Regenmengen, besonders in der Trockenzeit, haben auch etwas Gutes. Mehr Bauern auf den Philippinen können Reis anbauen, weil sie nicht mehr auf künstliche Bewässerung angewiesen sind. Das gleicht den niedrigeren Ertrag wieder aus.



### VOM WEIN UND DER WÄRME DES NORDENS

Der Klimawandel ist eine Gefahr – aber vielleicht nicht für alle. Klimamodellen zufolge verschiebt sich die Vegetationszone bis 2030 um bis zu tausend Kilometer nordwärts, weitere 50 Jahre später wären dann ein Drittel der Permafrostböden aufgetaut. Seit Wissenschaftler auf dem Grund der Ostsee Knochen von Pelikänen fanden, die während der letzten Warmzeit in Norddeutschland lebten, scheint dort vieles möglich: Ostseefischer könnten bald der baltischen Dorade nachstellen, und der seit dem 16. Jahrhundert in Mecklenburg-Vorpommern betriebene Weinanbau zum veritablen Wirtschaftszweig wachsen. Apropos Trauben – seit 2013 arbeitet der erste Winzer auf Sylt. Sollte von der Insel trotz Meeresspiegelanstieg etwas übrig bleiben, wird auch der nordfriesische Riesling seinen Platz im Weinregal finden. Noch nichts von seinem Glück weiß der Grönlandwal. Forscher vermuten, dass mit der Temperatur die Produktion von Zooplankton im Meer ansteigen wird – die darauf spezialisierten Grönlandwale wären dann die großen Gewinner unter den Meeressäugern.

### VOM GEHIRN, WÜSTEN UND URWÄLDERN

Die Entstehung des menschlichen Gehirns wurde von klimatischen Veränderungen beeinflusst. Im Laufe der letzten zwei Millionen Jahre wuchs es von einer Größe von etwa vier nebeneinandergelegten Tennisbällen (etwa 600 Kubikzentimeter) zum heutigen Volumen von durchschnittlich 1 500 Kubikzentimetern. Ein größeres und damit komplexeres Gehirn ermöglicht eine bessere Anpassung an sich verändernde Lebensumstände. Und die war nötig, denn in der Wiege der Menschheit, dem ostafrikanischen Rift-Valley, wandelte sich das Klima immer wieder extrem. Einmal wucherte eine reiche Vegetation, dann dörrte das Gebiet zur Wüstenlandschaft. Der Logipi-See im Norden Kenias etwa war einst 300 Meter tiefer als heute. Die gegensätzlichen Klimaausschläge über Jahrhunderttausende hinweg ertrugen nur die flexibelsten Spezies. Die Vorfahren des Homo sapiens gehörten zu ihnen. Ihr Gehirn antwortete auf die sich veränderte Umwelt mit Wachstum und weitreichenderer Verflechtung. Es erlaubte seinen Trägern das Erlernen von Techniken, um in verschiedenen Umgebungen zu überleben. Besonders stark wuchs das Gehirn von „Homo“-Gattungen das erste Mal in einer fruchtbaren Phase vor 1,9 Millionen Jahren. Damals erschien der Homo Erectus auf dem Evolutions-Tableau, die erste Gattung mit einem menschenähnlichen Skelett. Sein Gehirn war 80 Prozent größer als das seiner Vorfahren, er war der erste „Homo“, der sich in jeder Klimazone recht fand. Vor 800 000 Jahren begann dann die letzte Volumenzunahme. In den folgenden 600 000 Jahren schwankte das globale Klima übermäßig als zuvor. Das „Homo“-Gehirn hielt Schritt. Bis es vor 200 000 Jahren mit dem Homo sapiens seine heutige Größe erreichte.



### VOM WANDEL UND DICKEN BÜCHERN

9 200 gesichtete Studien, 54 677 geprüfte Kommentare, 1 552 Seiten Text – dies sind nur die Dimensionen des ersten Klimaberichts. Vier weitere gab der Weltklimarat IPCC seit 1990 in Auftrag. Den jüngsten Bericht erarbeiteten 830 Autoren, die 195 Regierungen und etwa 100 Beobachterorganisationen vorgeschlagen hatten. Das Werk wird heiß diskutiert – innig gelesen aber wohl kaum. Die beteiligten Wissenschaftler vermuten, dass außerhalb der Forschung kaum ein Prozent der Gesamtlektüre von mittlerweile mehr als 10 000 Seiten jemals eingesehen wurde. Ein Einsehen sollte daher der IPCC haben und diese monumentale Publikation – etwa über Starkregen in Südneuseeland – zugunsten effektiverer Veröffentlichungen einstellen.

## DER WALD DER FEIGENBLÄTTER

4960 Kilogramm CO<sub>2</sub> werde ich mit meinem geplanten Flug an die amerikanische Westküste in die Luft pusten. Umweltfreundlich sozialisiert wie ich bin, wiegen diese fünf Tonnen schwer. Nicht fliegen? Naja, man möchte ja kein Spaßverderber sein (vor allem wenn es sich um den eigenen Spaß handelt). Dann gibt es diese praktischen Kompensationsprojekte, bei denen man etwa in die Aufforstung von Regenwald investiert. 114 Euro wären es bei meinem Flug. Auf der einen Seite ist das nicht viel. Auf der anderen Seite: Das Geld für den Flug gibt man ja wirklich nicht gerne aus (zumal die Angelegenheit selbst – eingeschlafene Beine, schmieriges Essen, ungesuchte körperliche Nähe – so schrecklich nervt). Mit Tricks, die wenig Erfolg versprechen, versucht man krampfhaft, die Kosten zu drücken. Da hat eine weitere Zahlung nicht gerade die erste Priorität. Ich vertage die Entscheidung und nehme mir stattdessen vor, etwas mehr auf meine Klimabilanz zu achten.

Kleine Dinge helfen mir dabei. Etwa der Fahrradacho meines Sohnes: Ein ganz modernes Ding, das nach jeder geradelten Strecke anzeigt, wie viel CO<sub>2</sub> im Vergleich zum Auto eingespart wurde. Das Ganze hat den Haken, dass mein Sohn noch nicht Auto fährt. Trotzdem berichtet er mir stolz von seinem Dienst am Klima und auch ich fühle mich gleich besser. Ein weiterer Pluspunkt fürs Gewissen: Ich google nicht mehr, sondern verwende Ecosia, die klimafreundliche Suchmaschine. Nach der Netzrecherche wird einem angezeigt: „Sie haben geholfen, drei Bäume zu pflanzen.“ Wie das geht, ist mir zwar rätselhaft, es fühlt sich aber gut an. Eifrige Ecosia-Suchen führen mich unter anderem zu klimafreundlicher Unterwäsche, einer CO<sub>2</sub>-neutralen Autowaschanlage und – oh mein Gott, nein! Ich muss lesen, dass Grillen eine Klimakatastrophe ist. Dass Rindfleisch einen Carbon-Footprint hat wie Godzilla, wusste ich. Aber auch wer, wie ich, Auberginen grillt, handelt fahrlässig, sofern er Holzkohle verwendet, was für mich ja das einzig wahre Grillen ist. Ökologisch vertretbar sei nur ein teflonbeschichteter Elektrogrill, der das Grillgut auch viel gesünder zubereite, wie streberhaft hinzugefügt wird.

Okay, das ist eindeutig zu viel des Guten, dann vielleicht doch meinen Flug kompensieren?

### Herausgeber

Bayerische Staatsforsten AöR  
Tillystraße 2  
D-93053 Regensburg  
Tel.: +49 (0)941 69 09-0  
Fax: +49 (0)941 69 09-495  
info@baysf.de  
www.baysf.de

### Rechtsform

Anstalt des öffentlichen Rechts  
(Sitz in Regensburg)  
Umsatzsteuer-Identifikationsnummer:  
DE 242271997

### Vertretungsberechtigter

Dr. Rudolf Freidhager

### Verantwortlich für den

redaktionellen Inhalt  
Bayerische Staatsforsten AöR  
Christoph Baudisch  
Philipp Bahn Müller  
philipp.bahnmueller@baysf.de

### Redaktion und Gestaltung

Anzinger | Wüschner | Rasp  
Agentur für Kommunikation,  
München

### Bildnachweis

Getty Images/istock: S. 11  
plainpicture/Gallery Stock: S. 11  
fotolia: S. 12, S. 13  
Helmholtz Zentrum München: S. 41

### Fotografie

Bert Heinzmeier: S. 4–7, S. 12  
Peter Jacoby: S. 8/9  
Carsten Peter: S. 10

### Illustrationen

Florian Säger: Titel  
Emily Robertson: S. 22, S. 25/26, S. 52/53

### Lithografie

MXM, München

### Druck

Gerber KG Druck + Medien,  
München

### Hinweis

Inhalt und Struktur dieser Publikation sind urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung und Weitergabe, insbesondere die Verwendung von Texten, Textteilen oder Bildmaterial bedarf der vorherigen Zustimmung der Bayerischen Staatsforsten.

Diese Magazine können Sie unter [www.baysf.de](http://www.baysf.de) abonnieren. Dort finden Sie auch die bisher erschienenen zwölf Ausgaben zum Download. Erhältlich auch als App für Apple und Android.



Die Bayerischen Staatsforsten sind PEFC-zertifiziert. Das vorliegende Magazin ist auf PEFC-zertifiziertem Papier gedruckt. (PEFC/04-31-0944)

