

# friedrich

FAU

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

forschungsmagazin der Friedrich-Alexander-Universität | Nr. 121 | Dezember 2021 | 46. Jahrgang



# Grün ist nicht genug

Die vielen Farben der Nachhaltigkeit





**NUR FLIEGEN IST  
SCHÖNER  
HIER BRENNT DIE HÜTTE**



Foto: FAU/Thomas Einberger

Prof. Dr. Joachim Hornegger

## Liebe Leserinnen und Leser,

der Lack ist ab. Und das ist gut so! Die Rede ist vom friedrich-Cover: Statt für Cellophanierung haben wir uns dieses Jahr für eine umweltfreundlichere Variante entschieden. Das Magazin sieht dadurch – je nachdem, wie eifrig Sie darin lesen – schneller etwas abgegriffen aus, trägt dafür aber zu einer nachhaltigeren Produktion bei. Und damit bin ich schon direkt beim Thema dieser Ausgabe: Nachhaltigkeit ist eines der wichtigsten Themen unserer Zeit. Auch die FAU-Wissenschaftler/-innen beschäftigen sich intensiv mit der Frage, wie die Weltgemeinschaft langfristig eine Welt gestalten kann, in der wir alle gut leben können.

Und da wird schnell klar, dass Nachhaltigkeit so viel mehr bedeutet als den Schutz unserer Umwelt. Das Thema zieht sich wie ein roter Faden durch alle Lebensbereiche – von der Gesundheitsversorgung über die Wirtschaftswelt bis hin zum Zusammenleben in der Gesellschaft. Und so geht diese friedrich-Ausgabe dem Thema Nachhaltigkeit aus ganz unterschiedlichen Perspektiven auf den Grund.

Wir wissen, dass wir etwas ändern müssen – warum nur fällt es uns so schwer, unsere Gewohnheiten nachhaltig umzustellen? Auf dem Weg zur Gleichberechtigung der Geschlechter ist schon ein weiter Weg zurückgelegt worden. Kann unsere Gesellschaft auch die letzten Meter schaffen? Ist es möglich, den Herausforderungen unserer Zeit entgegenzutreten, wenn die Weltgemeinschaft dafür zusammenarbeiten muss? Und wie gerecht und nachhaltig ist die medizinische Versorgung in der Welt?

Um nachhaltig leben zu können, braucht es aber natürlich eine gesunde Umwelt, ein gesundes Klima. Das Magazin wirft einen Blick darauf, wie Wissenschaftler/-innen anhand von komplexen Computermodellen erforschen, wie das Klima funktioniert, wie es sich entwickeln wird. Welche Methoden gibt es, der Müllberge auf Land und Wasser Herr zu werden? Ein großer Teil des Wandels ist die Energiewende. Aber die großen Sprünge sind bisher ausgeblieben. FAU-Forschende erklären, woran das liegt.

Gerade unser westlicher Lebensentwurf wird aber auch stark von der Wirtschaft beeinflusst. Da liegt die Frage nahe, ob wir eine neue Wirtschaftsordnung brauchen. Und kann Digitalisierung eigentlich wirklich etwas für das Klima tun? Die Corona-Pandemie hat die Arbeitswelt verändert, flexibler gemacht. Was davon sollten wir beibehalten?

Wie Sie sehen, sind ökologische Aspekte nur ein Teil des komplexen Konzepts „Nachhaltigkeit“. Ich hoffe, dass Sie mit dem friedrich ein paar neue Facetten des Themas kennenlernen und Mut für die Zukunft schöpfen.

**Viel Spaß bei der Lektüre wünscht Ihnen**

**Joachim Hornegger**  
Präsident der FAU



# INHALT 2021

**Gekommen, um zu bleiben** 6  
Eine kurze Geschichte der Nachhaltigkeit

## SOZIALES

**Wir müssen nur wollen** 10  
Warum es uns schwerfällt, uns zu verändern

**Balanceakt** 16  
Ist komplette Gleichberechtigung erreichbar?

**Tauziehen für Fortgeschrittene** 20  
Kann die Welt erfolgreich zusammenarbeiten?

**Für die nächste Generation** 26  
Wie wir eine nachhaltige Lebensweise lehren können

**Wen kümmert's?** 28  
Was Pandemien über Nachhaltigkeit in der Medizin verraten

## ÖKOLOGIE

**Die Klimaversteher** 32  
Wie Forschende das Klima untersuchen

**Erde in Not** 38  
Interview mit Paläobiologe Wolfgang Kießling

**Was nicht passt, wird passend gemacht** 44  
Wie die Flora an den Wandel angepasst werden kann

**Der Letzte räumt die Erde auf** 50  
Wie wir mit Müllbergen umgehen können

**Windstille** 56  
Warum die Energiewende so langsam vorangeht

**Die energetischen Vier** 60  
Was neue Energiequellen leisten



Fotos: Uwe Niklas (oben links), David Hartfel (unten links), shutterstock.com/fotomek (rechts)

## ÖKONOMIE

**Energiefresser Digitalisierung** 64  
Ist Digitalisierung wirklich nachhaltiger?

**Auf der Kippe** 70  
Brauchen wir eine neue Wirtschaftsordnung?

**Schöne neue Arbeitswelt** 76  
Wie die Pandemie die Arbeitswelt verändert

**Gekommen, um zu gehen** 80  
Eine Kurzgeschichte

**Autor/-innenverzeichnis/Impressum** 82



# Gekommen, um zu bleiben



Nachhaltigkeit wird oft nur als modisches Schlagwort für ökologische Themen gesehen. Dabei beinhaltet der Begriff noch viel mehr. Eine kurze Geschichte der Nachhaltigkeit.

## D

er Begriff Nachhaltigkeit beziehungsweise sein englisches Pendant sustainability hat sich in den vergangenen Jahren zu einem allgegenwärtigen Schlagwort entwickelt. Wir lesen es in den Nachrichten oder hören es in der Fernsehwerbung. Doch nicht immer ist eindeutig, ob das Wort „nachhaltig“ verwendet wird, weil ein Produkt, eine Idee oder ein Prozess tatsächlich die Kriterien dafür erfüllt, oder ob jemand es als Label, als leere Worthülse gebraucht, weil Nachhaltigkeit eben gerade im Trend liegt. Denn das Konzept von Nachhaltigkeit umfasst weit mehr als nur „irgendwie umweltfreundlich“.

### Nachhaltigkeit als Bewirtschaftungsgrundsatz

Historisch gesehen, ist Nachhaltigkeit kein Modewort und nachhaltiges Denken auch kein Phänomen des frühen 21. Jahrhunderts. Die Erkenntnisse und Ideen, die heute unter Nachhaltigkeit zusammengefasst werden, stammen aus den 1970er-Jahren.

Begriff und Konzept sind aber schon wesentlich älter. Schon 1713 wird das Wort „nachhaltend“ erstmals verwendet. In seiner Funktion als sächsischer Oberberghauptmann befasst sich Hans Carl von Carlowitz (1645-1714) mit dem Mangel am Rohstoff Holz, der für den Bergbau wesentlich ist, und fragt, „wie eine sothane [solche] Conservation und Anbau des Holtzes anzustellen, daß es eine continuirliche beständige und nachhaltige Nutzung gebe / weil es eine unentbehrliche Sache ist / ohne welche das Land in seinem Esse [Wesen] nicht bleiben mag“.

Die Antwort auf diese Frage: Man müsse pfleglich mit dem Wald umgehen und darauf achten, dass ein Gleichgewicht zwischen Abholzung und Nachwuchs bestehe. Damit ist die Grundidee des Nachhaltigkeitskonzepts formuliert: Steuern deinen Verbrauch so, dass sich die Ressourcen nicht erschöpfen. Dieser Grundsatz verankert sich im Laufe des 18. Jahrhunderts in der Forstwirtschaft, und nachfolgende Generationen von Forstwirt/-innen sind in diesem Sinne ausgebil-

det worden. Später überträgt man das Konzept des nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen auf andere Wirtschaftszweige, beispielsweise die Fischereiwirtschaft, wo der Grundsatz des „maximum sustainable yield“ besagt, es solle nur so viel gefischt werden, dass der Fischbestand nachhaltig bestehen bleiben kann. Doch bis ins zwanzigste Jahrhundert beschränkt sich nachhaltiges Denken vornehmlich auf den ökonomischen Bereich.

### Umdenken in den 1970ern

Mit den 1970er-Jahren rücken Themen wie Umweltverschmutzung, Zerstörung von Lebensräumen und Ressourcenknappheit in den Fokus, sowohl in der Bevölkerung und im wissenschaftlichen Diskurs als auch in der nationalen und internationalen Politik. Gründe dafür sind unter anderem der rasant steigende Verbrauch fossiler Energien in der Nachkriegszeit, die zunehmende Luft- und Gewässerverschmutzung, die Ölpreiskrise von 1973, die das Bewusstsein für die Abhängigkeit vom Rohstoff Öl fördert, sowie Umweltkatastrophen wie zum Beispiel Tanker- oder Bohrinselunfälle, das Fischsterben im Mittelrhein 1969 oder das Seveso-Unglück in Italien, bei dem 1976 aufgrund eines Chemieunfalls das hochgiftige Dioxin TCDD freigesetzt wird und in dessen Folge kontaminierte Pflanzen und Tiere in großer Zahl verenden und Menschen evakuiert werden müssen.

Umweltpolitische Bewegungen, deren Wurzeln sich meist auf die 1968er-Proteste zurückführen lassen, treten auf den Plan – wie die Anti-Atomkraft-Bewegung. Auch der BUND Naturschutz sowie Greenpeace gründen sich in diesem Jahrzehnt (1975 bzw. 1979).

Dazu kommt die Wissenschaft, die sich intensiver mit Umwelt und Nachhaltigkeit beschäftigt. Einen besonders starken Eindruck hinterlässt die Veröffentlichung „Limits to Growth“, ein Bericht an den „Club of Rome“. Auf Grundlage einer Modellberechnung zur Zukunft der Menschheit kommen die Autor/-innen zu folgenden Schluss-

### 3 Säulen

Ökologie, Ökonomie und Soziales: Das sind die drei Säulen der Nachhaltigkeit. Sie stehen für die Idee, dass eine nachhaltige Entwicklung nur erreicht werden kann, wenn alle drei Aspekte gleichrangig behandelt und umgesetzt werden. Das Modell wurde erstmals beim Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung 2002 in Johannesburg als Maßstab für Nachhaltigkeit in internationalen Verträgen aufgegriffen.

Illustration: Ursula Auer

folgerungen: „Wenn die gegenwärtige Zunahme der Weltbevölkerung, der Industrialisierung, der Umweltverschmutzung, der Nahrungsmittelproduktion und der Ausbeutung von natürlichen Rohstoffen unverändert anhält, werden die absoluten Wachstumsgrenzen auf der Erde im Laufe der nächsten hundert Jahre erreicht.“ Die einzige Chance, den wirtschaftlichen Zusammenbruch zu verhindern und – wesentlich entscheidender – die Lebensgrundlage der Menschheit zu erhalten, sehen die Autor/-innen in einer Abkehr vom Wachstumsparadigma hin zu einer Wirtschaft, die sich an den vorhandenen ökologischen Ressourcen ausrichtet. Dem ersten Bericht folgten nach 20, 30 und 40 Jahren jeweils Updates, die ebenso eindrücklich davor warnen, so weiterzumachen wie bisher.

brachte zugleich die Täuschung mit sich, das Problem der Produktion wäre gelöst. Und dieses gründet auf der Unfähigkeit, da zwischen Ertrag und Kapital zu unterscheiden, wo es auf diese Unterscheidung am meisten ankommt. Jeder Betriebswirtschaftler und Geschäftsmann kennt den Unterschied und wendet ihn bewußt und mit beträchtlichem Scharfsinn auf alles wirtschaftliche Tun an – außer da, wo es wirklich wichtig wäre: nämlich beim unersetzlichen Kapital, das der Mensch nicht geschaffen, sondern einfach vorgefunden hat und ohne das er nichts tun kann. Ein Geschäftsmann würde von einer Firma nicht annehmen, daß sie ihre Probleme der Produktion gelöst hat und lebensfähig ist, wenn er sähe, daß sie rasch ihr Kapital aufzehrt. Wie aber könnten wir diesen wesentlichen Tatbestand übersehen, wenn es um dieses sehr große Unternehmen, die Wirtschaft des Raumschiffs Erde, und insbeson-

holm-Konferenz: „Poverty was the worst polluter.“ Damit ziehen die soziale Dimension und die Erkenntnis, dass der Schutz der Umwelt untrennbar mit einer Verbesserung der Lebens- und Bildungsbedingungen armer Bevölkerungsgruppen verbunden ist, in das nachhaltige Denken ein. 1983 wird unter dem Vorsitz der norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland die World Commission on Environment and Development der UN gegründet. Vier Jahre später veröffentlicht die sogenannte Brundtland-Kommission einen Bericht, dem eine grundlegende Definition des Begriffs nachhaltige Entwicklung beziehungsweise sustainable development entstammt, die auch heute noch oft zitiert wird (wobei hier in der deutschen Übersetzung noch von „dauerhafter Entwicklung“ gesprochen wird): „Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu

(MDGs) bei der 55. Generalversammlung der Vereinten Nationen 2000; deren Weiterentwicklung zu den Sustainable Development Goals in der Agenda 2030 (2015); das Pariser Klimaabkommen von 2015, das eine Begrenzung der vom Menschen verursachten Klimaerwärmung auf unter zwei Grad vorsieht; die UN-Klimakonferenz von 2021 in Glasgow.

**Aspekte, Dimensionen, Prinzipien**

Der ökonomische Aspekt, der ökologische Gedanke und die soziale Dimension stellen die grundlegenden Bereiche der Nachhaltigkeit dar und werden oft als „Säulen der Nachhaltigkeit“ bezeichnet. Jetzt, nachdem so lange und intensiv über Nachhaltigkeit nachgedacht und diskutiert wurde und wo der Begriff und vielleicht sogar das Konzept allgegenwärtig ist, sind wir der Rettung der Welt

**Nachhaltigkeit durch die Zeit**



**1713**  
Hans Carl von Carlowitz denkt über den pfleglichen Umgang mit dem Wald und ein Gleichgewicht zwischen Abholzung und Nachwuchs nach und verwendet erstmals das Wort „nachhaltend“.

**Anfang 1970**  
Umweltverschmutzung, Zerstörung von Lebensräumen und Ressourcenknappheit rücken in den Fokus.

**1972**  
Der Club of Rome warnt: Wenn wir so weitermachen wie bisher, sind die Wachstumsgrenzen auf der Erde im Laufe der nächsten hundert Jahre erreicht.

**1972**  
Die erste internationale Umweltkonferenz der UN in Stockholm beschließt die Einrichtung des Umweltprogramms der Vereinten Nationen.

**1983**  
Die World Commission on Environment and Development der UN wird gegründet, denn: Der Schutz der Umwelt ist untrennbar mit den Lebensbedingungen armer Bevölkerungsgruppen verbunden.

**1987**  
Eine bis heute gültige Definition von nachhaltiger Entwicklung wird formuliert: Sie befriedigt die Bedürfnisse der Gegenwart, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.



**1992**  
Die Konferenz von Rio hat unter anderem die Agenda 21 zum Ergebnis.

**1997**  
Das Kyoto-Protokoll wird als völkerrechtlich verbindliches internationales Klimaabkommen beschlossen.

**2000**  
Die Generalversammlung der Vereinten Nationen verabschiedet die Millennium Development Goals.

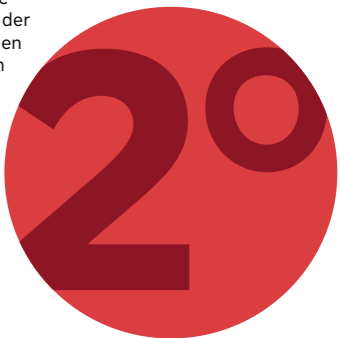
**2015**  
Das Pariser Klimaabkommen sieht die Begrenzung der vom Menschen verursachten Klimaerwärmung auf unter 2 Grad vor.

**2021**  
UN-Klimakonferenz in Glasgow.



Die Erkenntnis, dass nicht nur einzelne Bereiche wie die Wälder oder die Fischbestände als ökonomische Ressource zu sehen und entsprechend zu pflegen sind, unterstrich Anfang der 1970er-Jahre auch der in Deutschland geborene, später in Großbritannien lebende Ökonom Ernst Friedrich Schumacher in dem Buch „Small is Beautiful – Die Rückkehr zum menschlichen Maß“: „Die Täuschung, über unbegrenzte Kräfte zu verfügen, die durch erstaunliche wissenschaftliche und technische Errungenschaften genährt wurde,

dere um das jeweilige Wirtschaftssystem seiner reichen Fluggäste geht?“ Ein Umdenken hin zum nachhaltigen und bewahrenden Umgang mit dem Planeten zeigt sich auch in der Politik. Ab den 1970er-Jahren finden auf nationaler und internationaler Ebene zunehmend Konferenzen zum Thema statt, zum Beispiel 1972 die erste internationale Umweltkonferenz der UN in Stockholm, auf der das Umweltprogramm UNEP (United Nations Environment Programme) beschlossen wird. Mit der Stockholm-Konferenz und weiteren Initiativen in den 1970ern richtet sich das Augenmerk zunehmend auf Armut und die damit verbundenen Probleme als Ursache für Umweltverschmutzung und -zerstörung. In den Worten der Stock-



Fotos: shutterstock.com/Krasula (Beil), shutterstock.com/TR-STOK (Industrie), shutterstock.com/3DDock (Icon Hand mit Pflanze)

Foto: shutterstock.com/nexus7 (UN), Christian Harmoth (Agenda 21 und 2 Grad)

riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“

**Weitere Entwicklung bis heute**

In den nächsten Jahrzehnten etablierte sich der internationale politische Austausch zur Erreichung von Nachhaltigkeit. Wichtige Stationen waren dabei: die Konferenz von Rio, genauer: die United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) im Jahr 1992, die unter anderem die Agenda 21 zum Ergebnis hatte; das Kyoto-Protokoll, ein völkerrechtlich verbindliches internationales Klimaabkommen (Beschluss 1997, Inkraftsetzung 2005); die Verabschiedung der sogenannten Millennium Development Goals

endlich ein Stückchen näher? Leider sind wir von echter Nachhaltigkeit noch weit entfernt. Vielmehr befinden wir uns gerade in einem Prozess der nachhaltigen Entwicklung, an dessen Ende wir hoffentlich einen Zustand nachhaltigen Lebens erreicht haben, in dem die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit in einem Gleichgewicht zueinander stehen. Damit wir auf diesem Weg in die richtige Richtung gehen, brauchen wir also ein Bewusstsein und die Kenntnis, was es heißt, nachhaltig zu handeln. Denn mit jeder gesellschaftlichen Veränderung ergeben sich neue Herausforderungen, die es anzugehen gilt.

■ **Katrin Götz-Votteler und Simone Hespers**

**Lektüre**

Wer sich noch tiefergehend mit dem Begriff Nachhaltigkeit beschäftigen möchte, findet in der Online-Version des Artikels Lektüreempfehlungen:







# Wir müssen nur WOLLEN

Wir haben es alle schon mal probiert: Gewohnte Verhaltensweisen zu ändern, ist nicht leicht. Auch nicht, wenn wir rational verstehen, dass es nötig ist – wie beim Klimawandel. Es gibt aber Wege, wie wir unseren inneren Schweinehund überwinden können.

**D**ie Erde erwärmt sich immer schneller, und kaum jemand bestreitet den Anteil des Menschen an dieser Entwicklung. Laut einer Umfrage der EU-Kommission bezeichnen über 90 Prozent der Bürgerinnen und Bürger den Klimawandel als ernstes Problem, ebenso viele finden es wichtig, dass ehrgeizige Ziele dafür festgeschrieben wer-

den, den Anteil erneuerbarer Energien zu steigern und die EU-Wirtschaft bis 2050 klimaneutral zu machen. Zugleich zeigt sich aber auch, dass sich die Bereitschaft der Menschen, einen persönlichen Beitrag zur Klimarettung zu leisten, in Grenzen hält. Einer repräsentativen Forsa-Umfrage vom Mai 2021 zufolge ist nur rund ein Drittel der Bevölkerung bereit, den Fleischkonsum zu reduzieren, Wind- oder Wasserkraftanlagen in der eigenen Nähe zu akzeptieren, auf Flugreisen zu verzichten oder in absehbarer Zeit auf ein Elektroauto umzusteigen.

### Motivationssystem anzapfen

Woher kommt diese Diskrepanz zwischen allgemeiner Zustimmung für mehr Klimaschutz einerseits und der konsequenten Änderung des eigenen Verhaltens andererseits? Fehlt es an der nötigen Motivation? „Der Motivationsbegriff wird heute oft zu weit gefasst“, sagt Prof. Dr. Oliver Schultheiss vom Lehrstuhl für Allgemeine Psychologie der FAU. „Im engeren Sinne adressieren Motivationen die affektiven Dinge des Le-

bens, also ganz konkrete Bedürfnisse oder Aversionen. Da unterscheiden wir uns gar nicht so sehr von den Tieren.“ Allerdings, erklärt Schultheiss, seien Menschen in der Lage, aus Vernunft zu handeln und sich selbst zu regulieren. Wer wegen eines Lochs im Zahn zum Zahnarzt geht, tut dies nicht aus motivationalen Gründen, sondern aufgrund von Einsicht und Selbstregulation. Diese Einsicht lässt Menschen aktiv werden, auch wenn sie selbst nicht unmittelbar betroffen sind – etwa wenn sie Geld für die Opfer einer Hochwasserkatastrophe spenden. Das Problem an selbstreguliertem Verhalten sei, so Schultheiss, dass es sich eher um eine kurzfristige Kontrolle handele. „Das Paradebeispiel dafür sind unsere guten Vorsätze zum Jahreswechsel“, sagt er. „Wir wollen uns gesünder ernähren, mehr Sport treiben oder mit dem Rauchen aufhören. Das Wenigste davon setzen wir wirklich um.“ Um Menschen zu nachhaltigen Verhaltensänderun-

Wir alle kennen es: Voll Enthusiasmus nimmt man sich vor, eine schlechte Angewohnheit zu ändern, nur um dann doch wieder in das alte Muster zu verfallen. Was uns helfen kann durchzuhalten, sind äußere positive Anreize – wie zum Beispiel finanzieller Natur.



Tag 1  
Dienstag



Tag 2  
Mittwoch



Tag 3  
Donnerstag



Tag 4  
Freitag



Tag 5  
Samstag



gen zu bewegen, etwa umweltgerecht zu leben, sind Vorwürfe oder Verbote wenig hilfreich, das zeigen die Erfahrungen aus der Motivationspsychologie. „Besser ist es, positive affektive Anreize zu setzen und damit unser Motivationssystem anzuzapfen sowie unser träges Gewohnheitssystem zu überlisten“, erklärt Schultheiss. Solche Anreize können durchaus finanzieller Natur sein, beispielsweise indem Elektroautos oder Lastenfahräder staatlich gefördert werden.

Wichtig sei aber auch, Verhaltensänderungen mit positiven Erfahrungen zu verknüpfen. „Wer als überzeugter Fahrer eines Autos mit Verbrennungsmotor einmal ein E-Auto ausprobiert, gelangt möglicherweise zu der Erkenntnis, das E-Mobilität genauso viel oder sogar mehr Spaß machen kann“, sagt Schultheiss. „Dasselbe gilt für Fleischersatz, und da gibt es heute raffiniertere Produkte als die Tofuwurst. Wir sollten mehr Möglichkeiten schaffen und nutzen, Menschen mit umwelt- und klimafreundlichen Alternativen in Berührung zu bringen.“ Alternativen zu bieten, Verhaltensänderungen attraktiv zu machen, sei letztlich erfolversprechender als Ideologien und Grundsatzdiskussionen, die leicht in argumentative Sackgassen führen können.

### Neue Gewohnheiten schaffen

Dass die Diskussion um Nachhaltigkeit – und übrigens auch die Forschung zu diesem Thema – nicht frei von Ideologien ist, betont auch Prof. Dr. Klaus Moser, Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschafts- und Sozialpsychologie. „Eine der beeindruckendsten Definitionen von Nachhaltigkeit hat der deutsch-amerikanische Philosoph Hans Jonas vor über 40 Jahren formuliert. Danach solle der Mensch so handeln, dass die Wirkungen seiner Handlungen verträglich sind mit der Permanenz menschlichen Lebens auf Erden.“ Doch selbst

Selbst bei so konkreten Zielen wie beispielsweise einer gesunden Ernährung fällt es uns schwer, konsequent zu sein. Das wird dann nochmals schwerer, wenn es sich um abstraktere Ziele wie den Umweltschutz für nachfolgende Generationen handelt.

wenn wir uns als Gesellschaft auf diese Definition des ökologischen Imperativs verständigen, falle es nicht immer leicht, darüber zu entscheiden, warum bestimmte Verhaltensweisen als nachhaltig oder moralisch überlegen gelten sollen.

Der Schritt von der Einsicht in bestimmte Zusammenhänge hin zu tatsächlichem Verhalten ist kein Selbstläufer, sagt Moser: „Das beginnt ja bereits bei der eigenen Gesundheit: Wir wissen, dass wir uns gesünder ernähren und mehr bewegen müssen, dennoch gibt es immer mehr Menschen mit Übergewicht.“ Noch schwieriger wird es, wenn es um wesentlich abstraktere Ziele geht – etwa die Umwelt zu schützen, damit auch nachfolgende, uns nicht bekannte Generationen gut leben können. „Der Mensch hat keine Sinnesorgane für Klimawandel, seine Reflexe sind nicht auf Zukunftsprobleme ausgerichtet.“ Erschwerend kommt hinzu, dass die Wirksamkeit des persönlichen Beitrags zu gesellschaftlichen Zielen als sehr gering wahrgenommen wird. Warum soll ich das Auto stehen lassen oder meinen Fleischkonsum reduzieren, wenn die anderen es auch nicht tun? Das Verhältnis von wahrgenommenen Kosten zu wahrgenommenem Nutzen spielt ebenfalls eine Rolle: Sind wir am Ende tatsächlich bereit, mehr Geld für ökologisch produzierte Lebensmittel oder fair gehandelte Kleidung zu bezahlen? Dass der Mensch ein Gewohnheitstier ist, kann für ökologische Ziele nachteilig sein. Andererseits liegt gerade in Gewohnheiten eine Chance für nachhaltige Veränderungen: „Ich kann mich noch gut an den Aufschrei vieler Mitmenschen erinnern, als 1993 die fünfstelligen Postleitzahlen eingeführt wurden“, erzählt Klaus Moser. „Wenige Jahre später waren sie eine absolute Selbstverständlichkeit.“ Wichtig sei es, Veränderungen einfach zu machen, was bei der Mülltren-

Fotos: David Hartfiel

nung beispielsweise gut funktioniert habe: „Wir wissen, was in die gelbe, blaue oder braune Tonne gehört, das ist ein leicht zu verstehendes System. Wenn wir diese Regel befolgen, werden wir dadurch belohnt, dass wir weniger für die Entsorgung des Restmülls bezahlen müssen.“ Solche Gewohnheiten werden im Laufe der Zeit zu sozialen Normen und für den Einzelnen nicht nur

durch finanzielle Anreize, sondern auch durch positive Rückmeldung attraktiv und verbindlich. Wie sein Kollege Schultheiss hält auch Moser wenig davon, Verhaltensänderungen vorwiegend durch Verzicht und Verbote durchzusetzen, denn das sei eine zu eingeschränkte Sicht auf die menschliche Leistungsfähigkeit. Ressourcen werden nicht nur verbraucht, sie werden auch geschaffen – etwa durch Bildung und die Schärfung des Verstandes. „Nachhaltiges Verhalten bedeutet nicht nur, mit dem Fahrrad zur Universität zu fahren, seinen Müll zu trennen oder weniger Fleisch zu essen. Es bedeutet auch, die eigenen Talente zu entwickeln und Begabungen nicht nur als Geschenk und Möglichkeit, sondern auch als Verpflichtung zu erkennen, etwas daraus zu machen.“

### Manchmal hilft ein Schub

Finanzielle Belohnung und soziale Rückmeldung sind nicht die einzigen Anreize zur Förderung einer gesunden und nachhaltigen Lebensweise. In den vergangenen Jahren werden verstärkt neue

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="de">
<head>
<style type="text/css"> h1
{ color: white; background-color: black; }
</style>
</head>
<body>
<h1>IT-Profis gesucht</h1>
</body>
</html>
```



Foto: © kanwer/fotolia.com

# Sprechen Sie binär?

Wir haben den Code zu Ihrem neuen Job!

berg-it öffnet Ihnen die Türen zu den spannendsten Projekten und den interessantesten Unternehmen in der IT-Welt. Lassen Sie uns gemeinsam Ihre Karriere planen – und sprechen Sie uns an: 0911-580 689-0!

| Wirtschaftsinformatiker | Softwareentwickler  
| Web-Developer | Fachinformatiker  
| Systemadministratoren | IT-Supporter  
| Software-Tester  
| m/w

Find us on facebook





Instrumente diskutiert, mit denen klima- und umweltgerechtes Verhalten gesteuert werden kann. Diese werden unter dem Sammelbegriff „Nudging“ zusammengefasst: „Nudging zielt darauf, die Entscheidungen des Einzelnen zu beeinflussen, ohne die Wahlfreiheit einzuschränken oder wirtschaftliche Anreize zu setzen“, erklärt Prof. Dr. Verena Tiefenbeck, Inhaberin der Tenure-Track-Professur für Digitale Transformation.

Ansätze für dieses „Anstoßen“ finden sich zum Beispiel beim Einkaufen, etwa wenn ökologische, klimaneutrale, regional produzierte oder fair gehandelte Produkte sichtbarer positioniert oder besonders gekennzeichnet werden. Auch die Gesundheitsampel auf Lebensmitteln zielt in diese Richtung. „In der Theorie klingt das gut, die Ergebnisse sind jedoch nicht sehr überzeugend“, sagt Tiefenbeck. „Ohne weitere Begleitmaßnahmen erzielt die Gesundheitsampel nur eine geringe Wirkung.“

Die Wissenschaftlerin untersucht deshalb, welches Potenzial digitale Systeme für Verhaltensinterventionen besitzen: In einem experimentellen Online-Supermarkt beispielsweise wurden die Lebensmittel – ähnlich der analogen Gesundheitsampel – mit einem Nutri-Score versehen. Für eine Testgruppe wurden die Produktbilder ungesunder Lebensmittel zusätzlich etwas blasser dargestellt als die Bilder gesunder Alternativen. Das klare Ergebnis: Die visuelle Reduktion führte dazu, dass 44 Prozent weniger ungesunde Produkte gekauft wurden als in der Kontrollgruppe. Tiefenbeck: „An diesem Ergebnis änderte es auch nichts, dass wir über diesen Nudge transparent informiert hatten.“

Ein weiteres Experiment mit erstaunlicher Wirkung digitaler Intervention betrifft den Energieverbrauch beim Duschen. In den Bädern mehrerer hundert Haushalte wurden digitale Anzeigen installiert, die gut sichtbar über den momentanen Wasser- und Energieverbrauch informierten. Diese Installation führte dazu, dass beim Duschen über 20 Prozent weniger Energie verbraucht wurde als in der Kontrollgruppe, die den Verbrauch nicht angezeigt bekam. In einer weiteren Studie wurde das Gerät in den Bädern von acht Hotels eingebaut. Das Ergebnis war vergleichbar mit den Haushalten – was insofern bemerkenswert ist, als dass die Gäste im Hotel keinerlei finanzielle Vorteile von ihrem sparsamen Verhalten hatten. „Wichtig ist, dass den Verbrauchern ein Feedback in Echtzeit gegeben wird, das einen direkten Zusammenhang zwischen Verhalten und Wirkung signalisiert“, erklärt Tiefenbeck. „Eine zentrale Wasseruhr oder die jährliche Stromabrechnung haben bei Weitem nicht diesen Effekt.“



Videospiele sind ein weltweit großer Markt. Gamification-Apps könnten durch ihren spielerischen Charakter zukünftig umwelt- und klimagerechtes Verhalten unterstützen.

Belastbare Aussagen über die Langzeitwirkung der Verhaltensänderung können auf Basis dieser Experimente zwar nicht getroffen werden, doch in den mehrmonatigen Studien mit den Haushalten waren die beobachteten Einspareffekte stabil. Das lässt auf ein beachtliches Einsparpotenzial hoffen, das auch in anderen Bereichen des Alltags genutzt werden kann: „Zum Teil wird das ja bereits umgesetzt, etwa bei der Anzeige des Momentanverbrauchs im Auto“, sagt Tiefenbeck. „Auch hier zeigen sich ähnlich positive Effekte.“ Wichtig sei, dass Nudging nicht mit Manipulation verbunden werde. Nudging-Maßnahmen sollten immer transparent gemacht werden, außerdem sollten sie frei von jeder Form der Verbrauchertäuschung sein.

### Spielend zum Ziel

Zunehmend in den Fokus rückt auch die spielerische Auseinandersetzung mit dem Thema Nachhaltigkeit. „Spiele ziehen uns in den Bann und begeistern uns“, sagt Prof. Dr. Benedikt Morschheuser, Inhaber der Professur für Wirtschaftsinformatik. „Nicht umsonst spielt rund ein Drittel der Menschen weltweit regelmäßig Videospiele, Männer und Frauen gleichermaßen.“ Seit neun Jahren forscht Morschheuser zum Thema Gamification an der Schnittstelle von Psychologie, Game-Design und Informatik. Er untersucht zum Beispiel, wie Banken oder Automobilhersteller neue Produkte und Technologien mit spielerischen Anwendungen auf den Markt bringen können. Spiele, sagt Morschheuser, seien bestens geeignet, kognitive und emotionale Barrieren zu überwinden. Immer mehr Programme zur Wissensvermittlung setzen deshalb auf Gamifizierung. Duolingo beispielsweise ist auf diese Weise zur erfolgreichsten Sprach-Lern-App der Welt geworden: Die Inhalte werden – ähnlich einem Computerspiel – von Level zu Level vermittelt, man kann sich mit Freunden vergleichen und sei-

Foto: David Hartfiel

ne Fortschritte sogar in verschiedenen Ligen unter Beweis stellen. Morschheuser: „Solche Challenges können nicht nur beim Lernen helfen, sie können auch Motivation fördern und unser Verhalten beeinflussen. Das zeigen beispielsweise Sport-Apps wie adidas Runtastic.“

In einem aktuellen Projekt mit der Universität Koblenz-Landau untersucht Benedikt Morschheuser, wie Gamification-Apps umwelt- und klimagerechtes Verhalten unterstützen können: Mittels spielerischer Intervention – geplant ist eine Web- oder Smartphone-App – sollen die Mitarbeiter kleiner und mittelständischer Unternehmen motiviert werden, den Stromverbrauch am Arbeitsplatz zu senken, Autofahrten zu reduzieren und weniger Abfall zu produzieren. „Aus dem Bereich privater Haushalte wissen wir, dass Punktesysteme, Ranglisten, Challenges, personalisierte Tipps und direktes Feedback zu nachweislich geringerem Energie- und Wasserverbrauch führen können“, sagt Morschheuser. „Warum sollte das nicht auch im beruflichen Umfeld funktionieren?“

Die Forschung der vergangenen zehn Jahre zeigt, dass Gamification unsere Motivation und unser Verhalten zumindest kurzfristig sehr effektiv beeinflussen kann. „Die besondere Herausforderung beim Thema Umwelt und Klima ist jedoch, dass die Ergebnisse erst in vielen Jahren sichtbar werden und sich nicht auf das Verhalten eines Individuums zurückführen lassen“, erklärt Morschheuser. Der Wirtschaftsinformatiker erforscht deshalb auch, inwieweit sich nachhaltiges Handeln jenseits von Rankings und Wettbewerben spielerisch fördern lässt. „In Spielen wie Ingress, Pokémon Go oder World of Warcraft schließen sich Menschen zusammen, um schwere Aufgaben gemeinsam zu bewältigen“, sagt er. „Offenbar sind die Gestaltungselemente solcher Spiele dafür geeignet, Kooperation und sogar Altruismus zu fördern.“ Erste Experimente zeigen bereits, dass dieser Effekt auch bei Nachhaltigkeitsthemen funktioniert: Bei der Erprobung einer App, die eine langwierige Parkplatzsuche und damit hohe CO2-Emissionen vermeiden helfen soll, zeigten jene Spielansätze die besten Ergebnisse, die auf Kooperation innerhalb von Teams setzten.

■ Matthias Münch



evenordbank  
Leistung höchstpersönlich.

**Auch dein Geld kann regional.**

Wir stehen für faires Banking im Einklang mit Mensch, Umwelt & unserer Region.

Evenord-Bank eG-KG  
Am Leonhardspark 1  
90439 Nürnberg

Tel: 0911 - 92974 - 0  
www.evenordbank.de  
www.facebook.com/evenordbank







# Balanceakt

Die Gleichberechtigung der Geschlechter ist ein Menschenrecht. Prof. Dr. Annette Keilhauer hat sich auf verschiedenen Ebenen an der FAU als Frauenbeauftragte für Gleichstellung engagiert und versucht, den Kampf der Geschlechter mit einer Win-win-Situation enden zu lassen.

**L**assen Sie mich mit der Tür ins Haus fallen: Wann wird es endlich so weit sein, dass Frauen Männern tatsächlich gleichgestellt sind?

Wenn man sich die letzten 70 Jahre anschaut, dann können wir sagen, es wurde sehr viel erreicht. Die schrittweise rechtliche Gleichstellung, zuletzt mit dem Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetz 2006, ist zentral, um dieses

Ziel zu erreichen: in der Bildung, in der Berufswelt, auch im Privatleben. Sie sorgt zum Beispiel für Unabhängigkeit der Frauen in der Ehe und für die bessere rechtliche Adressierung von sexueller Belästigung.

Es gibt natürlich noch Bereiche, in denen Ungleichheiten nachweisbar sind, die sich so bald nicht ändern werden. Stichwort Frauen in Führungspositionen. Wir haben inzwischen viele Frauen in Führungspositionen, beeindruckende Rollenvorbilder. Aber statistisch gesehen, herrscht noch immer ein sehr großes Ungleichgewicht. Die Forschung sagt: Je hierar-

chischer eine Struktur organisiert ist, desto eher bleiben Frauen in der Karriereentwicklung auf der Strecke. Flache Hierarchien wirken eher fördernd für Frauen – und erzeugen ganz nebenbei auch bessere Ergebnisse in Arbeitszusammenhängen.

**Sie sagen, die juristischen Grundlagen seien zum großen Teil da. Woran liegt es, dass wir de facto noch keine Gleichstellung haben?**

Traditionelle Rollenbilder aus dem 19. Jahrhundert haben bis heute überlebt. Lange Zeit war die Gesellschaft in verschiedene Sphären

Foto: Uwe Niklas



eingeteilt. Die Frau war der häuslichen Sphäre zugeordnet, der Familie, der Kindererziehung, der Gesundheit, der Sozialkompetenz. Der Mann stand in der Öffentlichkeit, war in technisch-naturwissenschaftlichen Bereichen tätig, hatte Führungskompetenz und übernahm die gesellschaftlichen Ämter. Das ist natürlich ein völlig veraltetes Verständnis, wird aber heute leider unbewusst immer noch weiter tradiert. Und das ist ein Grundproblem, denn auch in den Medien finden sich diese Rollenklischees immer neu reproduziert. Noch stärker ins Unbewusste geht der Gender Bias, die einseitige Wahrnehmung von Frauen und Männern. Auch hier wirken die traditionellen Rollenbilder weiter, die in unserem Unbewussten als Standard gesetzt werden, da sie ja gesellschaftlich auch immer noch weit verbreitet sind. Die Leistung von Frauen wird weniger stark wahrgenommen. Es wird ihnen weniger Kompetenz zugeschrieben. Dazu kommt die Arbeitswelt, die noch immer nicht familiengerecht ist, in Deutschland weniger als in vielen anderen Ländern.

**Was kann man dagegen tun?**

Wir müssen Bewusstsein dafür schaffen, dass es solche unbewussten einseitigen Voreinstellungen gibt. Sie können uns eine Falle stellen, wenn wir das, was uns als Erstes einfällt, gleich als Norm setzen. Untersuchungen zeigen, dass es schon reicht zu wissen, dass es diese Bias gibt, um sie abzubauen.

Für die Personalentwicklung an der Universität haben wir eine Schulung entwickelt, die für dieses Thema sensibilisieren soll und die über StudOn abrufbar ist. Darin zeigen wir mit Bezug auf wissenschaftliche Untersuchungen zu diesem Thema, dass Menschen die Tendenz haben, unbewusst in eine bestimmte Richtung zu denken – und nichts dafür können. Wir haben bisher viel positives Feedback bekommen.

**Wo sehen Sie die gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen für mehr Gleichstellung?**

Die hat uns die Corona-Pandemie wie unter einem Brennglas gezeigt. Etwa das Problem der Vereinbarkeit von Beruf und Familie, das bei den Schul- und Kindergartenschließungen zu großer Be- und Überlastung vor allem bei den Frauen führte.

Die zweite Herausforderung ist der Gender Pay Gap. In der Coronakrise ist sehr deutlich geworden, dass Berufe, in denen Frauen sehr stark vertreten sind, nämlich Pflegeberufe, aber auch Tätigkeiten in der Reinigungsbranche und im Einzelhandel, gesellschaftlich essenziell und trotzdem sehr schlecht bezahlt sind.

Ein letzter Punkt, der sich verschärft hat, ist die Gewalt gegen Frauen, gerade im Lockdown.



**Über Annette Keilhauer**

Die Professorin ist seit 2015 akademische Oberärztin am Lehrstuhl für Romanistik, insbesondere Literatur- und Kulturwissenschaft der FAU und Sprecherin des Interdisziplinären Zentrums Gender – Differenz – Diversität. Von 2017 bis 2021 war sie zudem Universitätsfrauenbeauftragte. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich unter anderem mit Genderstudien sowie Literatur und Frauenrechten im 19. Jahrhundert.

Beratung war in dieser Situation schwierig, die Beobachtung durch die Öffentlichkeit fehlte. Die Frauenhäuser sind voll. Das ist ein zentrales Thema der Gleichstellung, das weiter und noch stärker adressiert werden muss.

**Wie sieht es im Mikrokosmos Universität mit der Gleichstellung aus?**

Im ersten Senat, an dem ich als Frauenbeauftragte beteiligt war, war ich das einzige weibliche Mitglied. Heute haben wir einen Senat, der von einer Frau geleitet wird. Das ist ein schönes Symbol dafür, was sich hier alles verändert.

Auch die Anzahl der weiblichen Mitglieder in der Universitätsleitung und anderen Gremien hat sich erhöht. Eine sehr positive Entwicklung haben wir bei den Promotionen. In vielen Fächern ist das Verhältnis jetzt fast ausgeglichen, auch wenn manche Fächer im MINT-Bereich noch hinterherhinken.

Weiterhin schwierig ist der Bereich der Professuren. Hier liegt die FAU mit etwas über 20 Prozent immer noch unter dem Bundesdurchschnitt. Trotzdem hat sich in den letzten Jahren einiges bewegt. Viele brillante Wissenschaftlerinnen wurden an unsere Universität berufen. Als positiv bewerte ich auch, dass die Berufungsverfahren sehr viel transparenter geworden sind.

Grundsätzlich muss man allerdings sagen, dass die Wissenschaft ein besonderer Bereich der Gesellschaft ist, in dem Hierarchien noch sehr stark wirken. Etwas, was Frauen häufig die Karriere erschwert. Ein anderer Grund ist das

männlich geprägte Bild des Wissenschaftlers. Es schließt die absolute Verfügbarkeit der Person ein, um sich völlig der Wissenschaft hinzugeben. Frauen, die überlegen, eine Familie zu gründen, können und wollen das nicht – und übrigens auch mehr und mehr Männer. Auch die starke Befristung der Verträge und die damit verbundene soziale Unsicherheit erschweren die Familienplanung.

**Sicherlich waren Sie als Frauenbeauftragte diejenige, die sehr viel initiiert und begleitet hat. Sie haben aber bisher sehr bescheiden darauf verzichtet, Ihre eigene Leistung herauszustellen, wie es Frauen oft passiert.**

(lacht) Der Klassiker. Genau das ist ja ein Teil des Problems. Dann kommt noch der Gender Bias dazu, und man fragt sich, was hat sie denn da zehn Jahre lang gemacht?

Zunächst einmal haben wir seit vielen Jahren, und das ist überhaupt nicht mein Verdienst, mit Ariadne ein Mentoring-Programm an der FAU, das junge Wissenschaftlerinnen während der Promotion und Habilitation unterstützt und das sich sehr bewährt hat.

Anteil habe ich am Transparentmachen der Berufungsverfahren. Wozu zum Beispiel auch gehört, dass für alle Berufungsverfahren Headhunting gemacht werden muss, um mehr geeigneten Frauen eine Chance zu geben.

Ein weiterer wichtiger Schritt war die Professionalisierung der Arbeit der Frauenbeauftragten. So bekommen alle neuen Frauenbeauftragten seit einigen Jahren eine Schulung. Sie lernen, wie sie in Berufungskommission agieren können, welche Möglichkeiten sie haben zu intervenieren, welche Probleme auftreten können.

**Das Thema wird in der Öffentlichkeit zurzeit hauptsächlich über einen Aspekt definiert: eine winzige Endung. Warum löst das Gendern so heftige Reaktionen aus?**

Sprache hat viel zu tun mit Symbolpolitik. Außerdem stehen sich unterschiedliche Vorstellungen von Sprachentwicklung gegenüber. Einerseits wird die Sprache als Wert einer Gesellschaft gesehen, der möglichst unverändert bleiben soll; andererseits ist Sprache aber auch ein lebendiger Organismus, der sich ständig anpasst. Dazu kommen noch das Moment der Bequemlichkeit und in einigen Fällen die fehlende Einsicht.

Gendern ist kein neues Thema, sondern eines, das wir schon seit mindestens 20 Jahren diskutieren. Es gibt eine Reihe von Studien, die belegen, dass Gendern die Wahrnehmung verändert. Für Kinder und Jugendliche macht es zum Beispiel einen großen Unterschied, ob Berufsbezeichnungen auch in der weiblichen Form genutzt werden. Nämlich dann, wenn sie sich mit der Frage beschäftigen, ob sie ein bestimmtes Studium absolvieren oder einen bestimmten Beruf ausüben wollen.

Doch trotz solcher Debatten ist der Umgang mit dem Thema Gleichstellung bei beiden Geschlechtern sehr viel offener und entspannter geworden. Meine Hoffnung ist, dass wir irgendwann einen Punkt erreichen, an dem wir keine Frauenbeauftragten mehr brauchen – aber das wird wohl noch eine ganze Weile dauern.

■ Interview: Sandra Kurze

Tagungen  
Eventmanagement  
Projektmanagement  
Wissenschaftskommunikation  
Werbekampagnen  
Beratung

**kulturidee GmbH**  
Wissenschaft | Kommunikation  
www.kulturidee.de

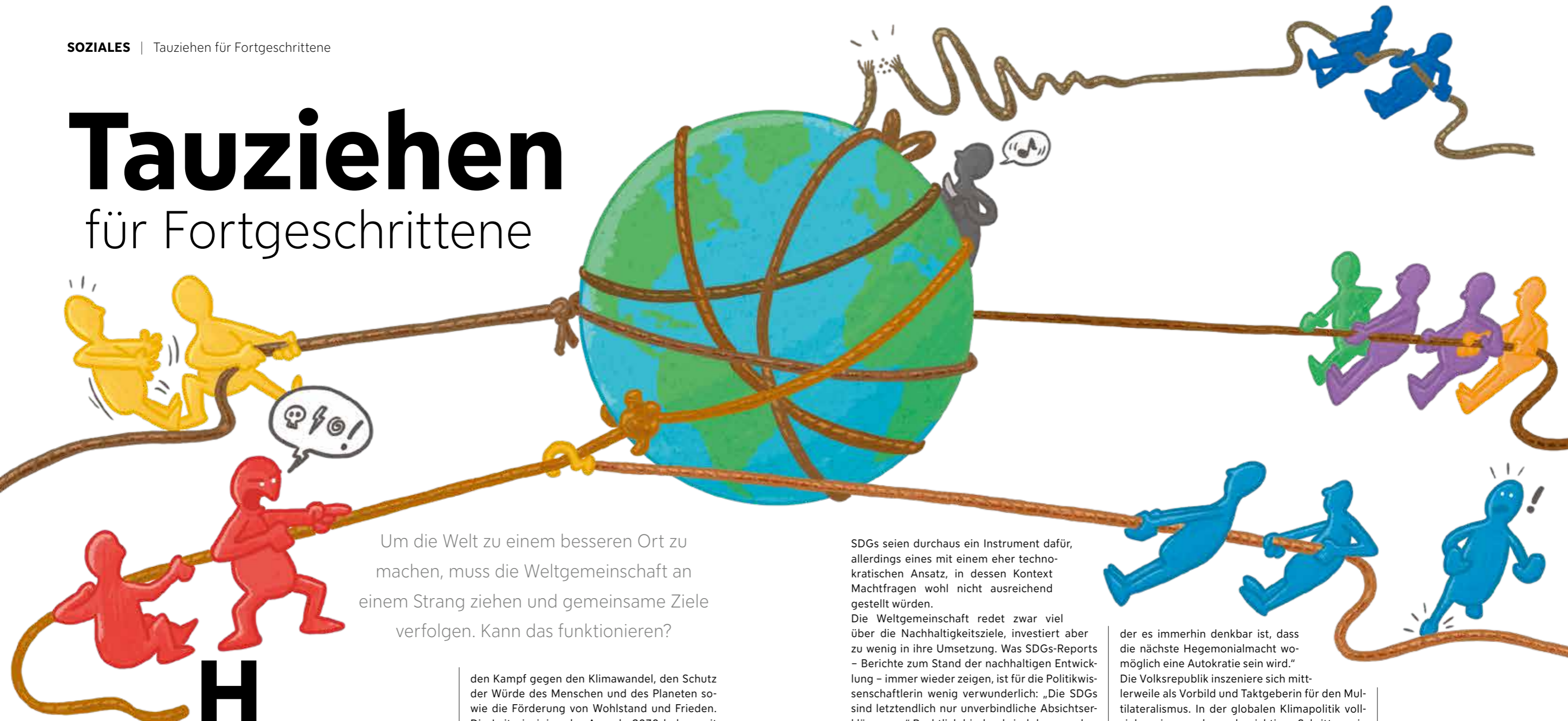
Foto: Studio Stöhr, Fürth





# Tauziehen

## für Fortgeschrittene



Um die Welt zu einem besseren Ort zu machen, muss die Weltgemeinschaft an einem Strang ziehen und gemeinsame Ziele verfolgen. Kann das funktionieren?

# H

unger und Armut verringern, Frieden schaffen, gegen den Klimawandel kämpfen oder universelle Menschenrechte schützen – weltweite Herausforderungen erfordern gemeinsame Anstrengungen. Kurzum: Die Welt will sich nachhaltig entwickeln. In der Agenda 2030 hat sich die internationale Staatengemeinschaft daher auf 17 sogenannte „Sustainable Development Goals“ (SDGs) geeinigt. Diese Ziele der Vereinten Nationen sollen den Weg zu einer sozial, ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Entwicklung bereiten.

Sie umfassen neben der Bekämpfung von Armut und Hunger, der Ernährungssicherung, einer Förderung von gesundem Leben und Geschlechtergerechtigkeit auch Ziele wie nachhaltige und moderne Energie für alle, nachhaltiges Wirtschaftswachstum und menschenwürdige Arbeit, nachhaltige Konsum- und Produktionsweisen,

den Kampf gegen den Klimawandel, den Schutz der Würde des Menschen und des Planeten sowie die Förderung von Wohlstand und Frieden. Die Leitprinzipien der Agenda 2030 heben mit Ziel Nummer 17 deutlich hervor, dass dafür internationale Netzwerke und Kooperationen nötig sind – doch kann der Ausbau globaler Partnerschaften, um die Nachhaltigkeitsziele zu erreichen und die Welt zum Wohle aller zu verändern, tatsächlich gelingen?

### Eine Autokratie als Hegemonialmacht?

In den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen sieht Prof. Dr. Katrin Kinzelbach vor allem ein politisches Signal. Mit Blick auf die Frage, ob internationale Kooperationen einen Beitrag leisten können, die Welt so zu gestalten, dass wir in allgemeinem Wohlergehen darin leben, antwortet die Professorin vom Institut für Politische Wissenschaft: „Wir haben bei den globalen Herausforderungen gar keine Wahl, wir müssen international kooperieren.“ Die

SDGs seien durchaus ein Instrument dafür, allerdings eines mit einem eher technokratischen Ansatz, in dessen Kontext Machtfragen wohl nicht ausreichend gestellt würden.

Die Weltgemeinschaft redet zwar viel über die Nachhaltigkeitsziele, investiert aber zu wenig in ihre Umsetzung. Was SDGs-Reports – Berichte zum Stand der nachhaltigen Entwicklung – immer wieder zeigen, ist für die Politikwissenschaftlerin wenig verwunderlich: „Die SDGs sind letztendlich nur unverbindliche Absichtserklärungen.“ Rechtlich bindend sind dagegen bestehende Menschenrechtsverträge. Ein Grund, warum auch Klima- und Umweltaktivist/-innen seit vielen Jahren immer wieder versuchten, für das Nachhaltigkeitsthema menschenrechtliche Bezüge zu finden, sagt Katrin Kinzelbach. „Im Oktober 2021 wurde im Menschenrechtsrat der Vereinten Nationen einstimmig für ein neues Recht auf eine nachhaltige und gesunde Umwelt gestimmt. Auch Deutschland hat zugestimmt – China, Indien, Japan und Russland haben sich allerdings enthalten.“

Trotz der rechtlichen Verbindlichkeit bleibt auch der weltweite Schutz von Menschenrechten politisch eine Streitfrage. „Autokratie ist als politisches System mit den Menschenrechten schlicht nicht vereinbar“, sagt die FAU-Wissenschaftlerin. „Eine der größten Herausforderungen, die sich international stellt, ist daher der Aufstieg des autoritären China. Wir erleben eine Zeitenwende, in

der es immerhin denkbar ist, dass die nächste Hegemonialmacht womöglich eine Autokratie sein wird.“ Die Volksrepublik inszeniere sich mittlerweile als Vorbild und Taktgeberin für den Multilateralismus. In der globalen Klimapolitik vollziehe sie zunehmend wichtige Schritte, wie jüngst den Baustopp neuer Kohlekraftwerke im Ausland. Doch der chinesische Parteistaat tue dies aus knallharten ökonomischen und machtpolitischen Interessen und werde niemals eine unabhängige Überprüfung der Klimaziele zulassen.

Transparenz sei aber wichtig. Die Politikwissenschaftlerin ist überzeugt: „Globales Regieren geht nicht ohne Autokratien, weil sie de facto Gestaltungsmacht haben, gleichzeitig lassen sich globale Herausforderungen nicht auf einem autokratischen Weg lösen, auch der Klimawandel nicht. Die größte Differenz liegt aus meiner Sicht zwischen Autokratien und Demokratien, nicht zwischen Globalem Norden und Süden oder Ost und West.“

Katrin Kinzelbach erinnert vor diesem Hintergrund ebenfalls daran, dass das Menschenrechtssystem der Vereinten Nationen von vielen

Illustration: Roland Hallmeier



Ländern gemeinsam geschaffen wurde und sich im Laufe der Zeit auch stetig weiterentwickelt habe. China versuche, die universellen Menschenrechte als neoimperiales Machtinstrument des sogenannten Westens darzustellen, dabei habe die Idee der Universalität ganz zentral auch mit dem Versuch der Überwindung des Kolonialismus zu tun, was heute oft verkannt werde, so die Menschenrechtsexpertin.

An dieser Errungenschaft gelte es weiterzuarbeiten: „Wir sollten mit Blick auf die großen Herausforderungen unserer Zeit, allen voran den Klimawandel, nicht leichtfertig vom Gedanken universell geltender Freiheits- und Teilhaberechte abkommen. Und wir müssen lernen, weniger eurozentrisch zu denken. Europäische Politiker sprechen beispielsweise immer wieder über sogenannte europäische Werte, aber dieser Partikularismus ist das Gegenteil dessen, was die Allgemeine Erklärung der Menschenrechte versucht und erreicht hat.“

### Oft fehlt es am Willen

Hier sieht auch Rechtswissenschaftler Prof. Dr. Christoph Safferling Handlungsbedarf. „Wir befinden uns in einer Dilemma-Situation: Geht es um die weltweite Verfolgung von Verbrechen gegen die Menschlichkeit, haben wir mit dem Internationalen Strafrecht, dem Völkerstrafrecht und dem Internationalen Strafgerichtshof eigentlich gute Rahmenbedingungen durch geeignete Normen und Institutionen. Die Praxis zeigt aber, dass der Menschenrechtsschutz in dieser Hinsicht leider nicht funktioniert“, sagt der Inhaber des Lehrstuhls für Strafrecht, Strafprozessrecht, Internationales Strafrecht und Völkerrecht.

„Es fehlt der politische Umsetzungswille auf internationaler Ebene. Darüber hinaus gibt es in den letzten Jahren Strömungen, die die internationale Strafgerichtsbarkeit bekämpfen“, gibt der FAU-Wissenschaftler zu bedenken. „Der Internationale Strafgerichtshof in Den Haag wurde beispielsweise vonseiten der USA unter Präsident Donald Trump massiv missachtet. Das ging so weit, dass dessen Personal nicht mehr in die USA einreisen dürfen und die Chefanklägerin somit nicht gegenüber den Vereinten Nationen in New York Bericht erstatten konnte.“

Zwar habe sich die Situation, bedingt durch den Regierungswechsel in den USA, in dieser Hinsicht wieder etwas entspannt, insgesamt sei die internationale Strafgerichtsbarkeit aber immer noch weit entfernt von dem, was deren Institutionen eigentlich leisten könnten. „Im Bereich des Völkerstrafrechts ist man auf die einzelnen Nationalstaaten angewiesen, die die Verfolgung internationaler Straftaten übernehmen müssen.

Oft fehlt es aber selbst bei einigen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union am Willen, Menschenrechtsverletzungen zu verfolgen“, konstatiert Christoph Safferling.

Hinzu kommen fehlende politische Möglichkeiten und Ideen: „Es gibt keinen Plan, wie man mit der Vielzahl an Menschenrechtsverbrechen, die beispielsweise in Syrien stattgefunden haben und stattfinden, so umgehen kann, dass es positive Auswirkungen auf die Situation und die Gesellschaft vor Ort hat“, so der Rechtswissenschaftler. „In Deutschland gibt es inzwischen zahlreiche Prozesse gegen syrische oder irakische Staatsangehörige, in denen sie hier zwar verurteilt werden, in ihren Heimatländern führt das aber zu keinerlei Verbesserungen.“

Ein anderer Teil der Welt, dasselbe Problem: Im ehemaligen Jugoslawien hat die internationale Gemeinschaft strafrechtlich interveniert, die Organisatoren des Völkermordes wurden angeklagt und zu hohen Haftstrafen verurteilt. „Aus Sicht des Völkerstrafrechts hat auf den ersten Blick alles funktioniert. Doch vor Ort steht die Gesellschaft nach wie vor auf sehr dünnem Eis. Die Gefahr, dass Konflikte ausbrechen, ist groß“, sagt Safferling. „In puncto Nachhaltigkeit stellt sich deshalb schon die Frage nach dem Erfolg, weil das Signal, das gesendet werden sollte, offensichtlich nicht angekommen ist, wenn verurteilte Kriegsverbrecher nach ihrer Freilassung wie Helden verehrt werden.“

In der Wissenschaft diskutierte Lösungsansätze, um der internationalen Strafgerichtsbarkeit mehr Durchsetzungsvermögen zu verleihen, fokussieren sich vor allem auf das Thema Personal. „Wir brauchen äußerst engagierte Menschen, die hartnäckig und durchsetzungsfähig sind“, betont der Völkerrechtler. „In der Pflicht sind die UN-Mitgliedsstaaten, die über das Personal entscheiden und Richterinnen und Richter schicken. Zudem braucht es Anklage über Anklage, damit sie in eine Routine kommen und dadurch überzeugende Arbeit leisten können.“ In Deutschland habe die Qualität und Kompetenz im Völkerstrafrecht in den letzten zwei Jahren enorm zugenommen, weil Oberlandesgerichte und Staats-

### Formelkompromiss

Als Formelkompromiss wird eine Übereinkunft bezeichnet, in der beide Parteien ihre Sicht der Dinge untergebracht hat – aber ohne dass der Konflikt gelöst und eine eindeutige Regelung festgelegt wird. Auf diese Weise gilt keine der Parteien als Verlierer.

Illustration: Roland Hallmeier



schutzsenate mit entsprechenden Fällen überhäuft werden. „Sie müssen sich damit beschäftigen und Lösungen finden. Erst dadurch kann sich eine nachhaltige juristische Praxis etablieren.“

### Allgemeine Ziele statt konkreter Umsetzung

Die Grenzen internationaler Kooperationen auf dem Weg hin zu einer nachhaltigeren Welt machen sich für Prof. Dr. Roland Sturm auch in anderer Hinsicht deutlich bemerkbar. Der ehemalige Inhaber des Lehrstuhls für Deutsche und Vergleichende Politikwissenschaft, Europafor-schung und Politische Ökonomie hebt dabei vor allem auf den Klimawandel, die Umwelt- und die Energiepolitik ab.

„Wir müssen konstatieren, dass wir keine Weltregierung haben und die Europäische Union zwar Verträge hat, aber auch dazu neigt, allgemeine Ziele zu formulieren und im Vagen zu bleiben“, sagt der Politologe.

„Es ist ein Dilemma, dass es auf internationaler Ebene bei Formelkompromissen zwar oft eine schnelle Übereinstimmung gibt, wenn es um die konkrete Umsetzung und Ausgestaltung geht, aber allzu gerne auf den nationalen Rahmen vertraut wird.“

Konkret: Während Frankreich bei der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen voll auf die friedliche Nutzung der Kernkraft setzt und auch in Finnland, Tschechien oder Großbritannien neue Kernkraftwerke gebaut werden, steigt Deutschland mit demselben Ziel aus dieser Technologie aus. Während hierzulande das Ende des Verbrennungsmotors nahe, werde in Bulgarien oder Rumänien niemand seinen Diesel abschaffen, weil man froh sei, überhaupt ein Fahrzeug zu haben.

Will heißen: „Nur im Prinzip herrscht bei den großen Fragen weltweit Einigkeit. Die Umsetzung sieht dagegen völlig unterschiedlich aus, und die

Hoffnung, durch vorbildhaftes Verhalten Nachahmung zu erzeugen, wird immer wieder durch nationale Interessen gebrochen“, unterstreicht Roland Sturm. Die Möglichkeiten auf internationaler Ebene seien deshalb begrenzt.

„Es ist einerseits natürlich gut, dass die Nachhaltigkeitsziele überhaupt global diskutiert werden, weil sie sonst in vielen Ländern überhaupt nicht auf der Agenda wären“, sagt der FAU-Wissenschaftler. „Aber die Vorreiterinnen und Vorreiter dürfen nicht dem Irrglauben erliegen, dass alle mitziehen, weil die Ziele immer noch national umgesetzt werden müssen und die Gleichung oft ganz einfach ist: Wenn national kein Bedürfnis besteht, wird ein solches Ziel auch nicht weiterverfolgt, schließlich will man wählbar bleiben.“

Anders gesagt: Jeder gemeinsamen Herausforderung wird vor Ort je nach Interessenlage individuell anders begegnet. Manchmal mit mehr, manchmal mit weniger Erfolg. „Unter der SPD-geführten Regierung von Gerhard Schröder wurde hierzulande die Ökosteuer mit dem Ziel eingeführt, dass weniger Autos gefahren wird“, erklärt Roland Sturm. „Die Steuereinnahmen sollten in die Rentenversicherung gehen. Was haben wir heute? Eine marode Rentenversicherung und genauso viele Autos auf den Straßen wie vorher. Letztlich hat der Staat nur eine neue Steuerquelle für sich entdeckt.“

Die mangelnde Ernsthaftigkeit solcher Strategien führe dazu, dass man die Zivilgesellschaft nicht mehr auf seine Seite bekomme. Doch genau auf diese kommt es für den Politikwissenschaftler an: „Es muss auf nationaler Ebene zivilgesellschaftliche Advokaten für ein Thema geben, wie etwa die Fridays-for-Future-Bewegung. Allerdings müssen diese in einem gewissen Rahmen agieren und dürfen ihr Ansehen beispielsweise nicht durch den Einsatz von Gewalt verlieren.“ Dann ist nach seiner Überzeugung zivilgesellschaftlicher Druck das Mittel, das Nachhaltigkeit am besten erzeugen kann. Darüber hinaus bleibt für ihn die Hoffnung auf Konvergenz der Weltgemeinschaft über die großen globalen Fragen.

### Die Interessenlage entscheidet

Für Politikwissenschaftler Prof. Dr. Stefan Fröhlich kommt bei diesem Annähern und Zusammenwachsen erschwerend hinzu, dass nicht mehr nur Staaten, sondern zunehmend auch nicht-staatliche Akteur/-innen entscheidenden Einfluss auf das Weltgeschehen nehmen. „Diese Entwicklung sorgt für eine immer größer werdende Diversität in Bezug auf Ordnungsvorstellungen und Ziele. Viele Länder und Gesellschaften empfin-





den das westliche Denken und Handeln als Hybris und folgen nicht unseren Wertevorstellungen“, unterstreicht der Inhaber des Lehrstuhls für Internationale Politik und Politische Ökonomie.

Der Politologe weiter: „Wir leben in einer multipolaren Welt mit den Weltmächten USA und China, dazu kommen die Europäische Union, Russland, die aufstrebenden Länder des Südens und Ostens sowie Nichtregierungsorganisationen, transnationale Interessenverbände, multinationale Unternehmen und einflussreiche Individuen, die Lobbying betreiben.“ Eine weitere Herausforderung: In der zunehmend vernetzten Welt des 21. Jahrhunderts entstehen neue Abhängigkeiten durch groß angelegte Infrastrukturprojekte und Geoökonomie. „Der Erfolg von Staaten und Unternehmen bemisst sich heute weniger nach ihrer militärischen Stärke und politischen Macht, sondern ist vielmehr die direkte Ableitung aus ihrer Konnektivität – sprich der Stärke ihrer insbesondere ökonomischen Verbindungen“, sagt Stefan Fröhlich. „Dabei können auch kleine, technokratisch regierte Staaten wie beispielsweise Singapur oder die Schweiz sehr erfolgreich sein.“

Das Projekt der „Neuen Seidenstraße“ ist für den Politikwissenschaftler ein Musterbeispiel für diese Entwicklung: „China sorgt mit diesem Projekt für ein neues Handelsnetzwerk zwischen Asien, Afrika sowie Europa und baut seinen globalen Einfluss aus. Aspekte der Nachhaltigkeit stehen dabei wenig im Fokus, stattdessen geht es um eine bessere Auslastung chinesischer Unternehmen, Einflussphären bis Europa und darum, Abhängigkeiten zu schaffen, etwa indem die chinesische Regierung wissentlich finanzschwache Länder in die Überschuldung treibt, um dadurch einen stärkeren politischen Druck auf sie ausüben zu können.“

Zu den zentralen Herausforderungen unserer Zeit zählt für Fröhlich daher die globale Verständigung auf einen Begriff von Sicherheit, wie ihn die Vereinten Nationen bereits 1992 in ihrer „Agenda für den Frieden“ formuliert haben: „Hier findet man bereits jene Aspekte, die uns heute beschäftigen, wenn wir von einer nachhaltigen Welt sprechen: Sicherheitsbedrohungen werden nicht mehr nur auf das Militärische be-

schränkt, sondern auch im Klimawandel, in Pandemien oder in Fragen von Migration und Energiesicherheit gesehen.“

#### Idealist/-innen gesucht

Entscheidend werde dabei sein, sagt der FAU-Wissenschaftler, dass die unterschiedlichen Ordnungsvorstellungen des Westens auf der einen Seite und der autokratischen Systeme, angeführt von China, auf der anderen die Lösung dieser dringenden Probleme nicht behindern. Er betont: „In diesem Zusammenhang ist vor allem die Rivalität zwischen den USA und China in den letzten Jahren zum zentralen Paradigma der internationalen Beziehungen geworden. Es prägt die strategischen Debatten ebenso wie reale politische, militärische und wirtschaftliche Dynamiken.“

Für Stefan Fröhlich ist klar: „Wir benötigen Idealistinnen und Idealisten und ein permanentes Arbeiten an einer solchen Welt, wie sie die Vereinten Nationen bereits in ihrer Gründungs-Charta skizziert haben, um auf Verhältnisse hinzuwirken, die Nachhaltigkeit und Stabilität gewährleisten.“

Und es brauche den ständigen Dialog und Diplomatie auf internationaler Ebene, da es global eben keine Gesetze, sondern nur Vereinbarungen und Spielregeln für das friedliche Zusammenleben der Völkergemeinschaft gebe. Dazu zählten das Nichteinmischungsprinzip, das Interventionsverbot, die Anerkennung von staatlicher und territorialer Souveränität sowie Integrität und ein generelles Gewaltverbot.

„Wir dürfen keinesfalls aufgeben, uns über diese Spielregeln immer wieder aufs Neue zu verständigen, und den Gesprächsfaden niemals abreißen lassen“, betont der FAU-Wissenschaftler. Anders, davon ist Stefan Fröhlich überzeugt, könne es keine nachhaltige Zukunft geben. Die Umsetzung könne nur durch eine gute Zusammenarbeit zwischen allen Akteur/-innen gelingen.

■ Michael Knies

#### Die „Agenda für den Frieden“

Die Agenda für den Frieden wurde 1992 von Boutros Boutros-Ghali, dem damaligen Generalsekretär der Vereinten Nationen, – auch als Reaktion auf die Ära des Kalten Krieges – veröffentlicht. Sie legt den Fokus auf vorbeugende Diplomatie: Konflikte sollen beigelegt werden, bevor sie in gewalttätige Auseinandersetzungen ausbrechen.

Illustration: Roland Hallmeier

# making every product unique



#### Einzigartigkeit mit KURZ-Transferprodukten

Ultradünn sind die Beschichtungen, die KURZ herstellt, doch sie erfüllen gewichtige Aufgaben. Gold- und silberglänzend werten sie Verpackungen auf, holografisch glitzernd machen sie Etiketten zum Blickfang. Sie kennzeichnen Waren, verhindern Fälschungen, schützen Kunststoff vor Kratzern, speichern Daten oder erfassen elektrische Signale. Edel, hochdekorativ oder funktional, sind sie in aller Welt für verschiedenste Branchen und Aufgaben im Einsatz.

#### Weltklasse aus Fürth

In Fürth befinden sich der Stammsitz und die Verwaltungs- und Entwicklungszentrale unseres global ausgerichteten

Unternehmens. Forschung, Innovation und Weiterentwicklung werden bei uns großgeschrieben.

Vor über 120 Jahren als Blattgoldmanufaktur gegründet, hat sich KURZ durch permanente Investitionen in die Prozess- und Produktoptimierung zum internationalen Weltmarktführer und Innovationstreiber entwickelt. Weltweit beschäftigt die KURZ-Gruppe heute über 5.500 Mitarbeiter, davon mehr als 1.550 in Fürth. Für schönere und funktionale Oberflächen und für einzigartige Produkte.

**KURZ – making every product unique**

© KURZ 2021



**LEONHARD KURZ Stiftung & Co. KG**  
Schwabacher Str. 482  
90763 Fürth/Germany  
Tel.: +49 911 71 41-0  
Internet: www.kurz.de  
E-Mail: sales@kurz.de



making every product unique



Die Menschen haben den Klimawandel verursacht. Um eine zukunftsfähigere Lebensweise in der Gesellschaft zu verankern, arbeiten FAU-Wissenschaftler/-innen daran, nachhaltige Entwicklung in Lehrkonzepte zu integrieren.

# Für die nächste Generation

Foto: shutterstock.com / Tatiana Gordievskaja

## W

ir müssen unsere gesamte Denk- und Handlungsweise ändern, damit wir Menschen langfristig auf unserem Planeten leben können.“ Die Bildungsexpertin Dr. Katrin Valentin ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung der FAU und Studienmanagerin für „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE). Dieser Bildungsbereich will Menschen dabei unterstützen, zukunftsfähiges Denken und Handeln zu entwickeln. „Jeder und jede Einzelne soll verstehen: Mein Handeln hat Konsequenzen. Für mich und mein Umfeld, aber auch für andere Menschen weltweit und für nachfolgende Generationen“, erklärt Valentin. Sie ist überzeugt, dass alle Menschen lernen können, verantwortungsvolle Entscheidungen im Sinne der Nachhaltigkeit zu treffen. „Sie müssen es aber auch angesichts der Grenzen des Planeten. Da reicht es leider nicht, dass wir hin und wieder mit dem Fahrrad zur Arbeit fahren oder zu Hause unseren Müll trennen.“

### Ins Handeln kommen

Aber welche Kompetenzen brauchen Schüler/-innen eigentlich dafür? „Der Erziehungswissenschaftler Prof. Gerhard de Haan hat zusammen mit anderen Forschenden ein Kompetenzkonzept ausgearbeitet. Bei Bildung für nachhaltige Entwicklung geht es demnach darum, die eigenen Leitbilder und die anderer reflektieren zu können, eigene Lebenspläne unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit zu entwerfen sowie Empathie und Solidarität mit anderen zu zeigen“, erläutert Valentin. „Aber auch um die interaktive Anwendung von Medien, darum, die Perspektive anderer Kulturen zu übernehmen, vorausschauend Entwicklungen zu analysieren, und auch darum, mit unvollständigen und überkomplexen Informationen umgehen zu können.“ Diese Teilkompetenzen münden in eine Gestaltungskompetenz: „Dazu gehört maßgeblich auch die Fähigkeit, persönlich Stellung zu beziehen und ins Handeln zu kommen.“ Dass viele Jugendliche das bereits verinnerlicht haben, zeigt die Jugendbewegung „Fridays for Future“, die sich weltweit für mehr Klimaschutz und die globalen Nachhaltigkeitsziele einsetzt.

### Mutiges Ausprobieren

Um Lernarrangements im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung zu gestalten, hat ein internationaler Zusammenschluss von Forschenden unter Leitung von Prof. Dr. Katja Brundiers fünf Schlüsselkompetenzen herausgearbeitet. „Ich halte die Kompetenz, Zukunftsszenarien zu erdenken, für besonders wichtig“, sagt Valentin. „Lernende können zum Beispiel ein Planspiel oder eine Zukunftswerkstatt anbieten, gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern unterschiedliche Szenarien entwickeln und die eigene Zukunft in verschiedenen Varianten denken.“ Generell empfiehlt die Bildungsexpertin allen Lehrenden ein mutiges Ausprobieren: „Der Handlungsdruck ist groß. Da ist der subversive Charakter von Bildung gefragt. Vermitteln Sie nicht nur Fakten, sondern probieren Sie etwas aus, begeben Sie sich auf unbekanntes Terrain, setzen Sie auf neue Methoden, arbeiten Sie mit Kolleginnen und Kollegen zusammen, weichen Sie die Grenzen zwischen den etablierten Disziplinen auf, beteiligen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler, gehen Sie gemeinsam komplizierten Dingen auf den Grund, denken Sie zusammen über die Auswirkungen unseres eigenen Handelns auf die Welt und die nächsten Generationen nach, lassen Sie sich auf Diskussionen ein und beziehen Sie Stellung.“ Im Bayerischen Lehrplan gilt Bildung für nachhaltige Entwicklung bereits als allgemeines Bildungs- und Erziehungsziel, und es gibt bundesweit immer mehr Umwelt- beziehungsweise Klimaschulen, an denen zahlreiche Projekte umgesetzt werden. „Doch bis BNE wirklich an allen Schulen fächerübergreifend angekommen ist, ist noch viel zu tun“, meint Katrin Valentin.

### Praktische Impulse

Wie das institutionell verankert werden kann? „Das sollten Lehramtsstudierende an der Hochschule lernen, und es gibt dazu auch immer mehr Gelegenheiten.“, sagt Dr. Katrin Valentin. Um diesen Prozess zu unterstützen, hat das Zentrum für Lehrerinnen- und Lehrerbildung der FAU gerade die Handreichung „BNE in der Lehrkräftebildung“ herausgegeben. Sie ist zum Einstieg für Dozierende an Hochschulen gedacht, nähert sich sehr grundlegend aus verschiedenen Richtungen dem Thema BNE an und gibt dabei zahlreiche praktische Impulse.

■ Elke Zapf



# Wen kümmert's?

Die Corona-Pandemie hat die Menschheit unvorbereitet getroffen und ihre Schwächen gnadenlos aufgedeckt. Auch eine ethische Katastrophe.



Foto: Uwe Niklas, Heftseite (Collage), shutterstock.com/Yaw Nial (oben), shutterstock.com/Chan2545 (Mitte), stock.adobe.com/Riccardo, Niels Mayer (unten)

## W

ir haben den Wissenschaftstest bestanden. Aber in Ethik sind wir durchgefallen.“ Mit nachdrücklichen Worten beschrieb UN-Generalsekretär António Guterres im September 2021 bei der 76. Generaldebatte der UN-Vollversammlung den Kampf gegen die Corona-Pandemie. „Anstelle von Demut angesichts dieser epischen Herausforderungen sehen wir Anmaßung. Anstelle des Wegs der Solidarität sind wir in einer Sackgasse der Zerstörung.“ Die dringliche Botschaft des UN-Chefs: „Wir stehen am Rande des Abgrunds und bewegen uns in die falsche Richtung. Unsere Welt war noch nie in größerer Gefahr und noch nie gespalten.“ „Selbst wenn wir die unmittelbare medizinische Bedrohung ausklammern, steht Corona noch immer für eine beispiellose politische Krise der Welt“, erklärt Prof. Dr. Andreas Frewer.

### Strukturelle Gewalt gegen ethische Prinzipien

Für Frewer, Arzt und Professor für Ethik der Medizin an der FAU, ist die Covid-19-Pandemie ein Lehrstück in Sachen Nachhaltigkeit, leider ein eher negatives. Grundprinzipien wie das der sozialen Gerechtigkeit und der Rücksicht auf die Bedürfnisse der Ärmsten und Schwächsten würden nicht ausreichend beachtet. Die Forschung habe nach Beginn der Pandemie Großes geleistet und innerhalb kürzester Zeit mehrere wirksame Impfstoffe entwickelt, betont Frewer. Doch schon lange, bevor die ersten Notzulassungen für Vakzine gegen das Coronavirus erteilt wurden, war die viel beschworene Solidarität mit den Schwächeren und Ärmern auf der Welt vergessen. Die Industrieländer fuhren die Ellbogen aus und sicherten sich Hunderte Millionen Dosen potenzieller Impfstoffe. Entwicklungs- und Schwellenländer hatten das Nachsehen.

### Reiche Industrieländer rülpeln sich nach vorn

Auch dafür fand UN-Chef Guterres in seiner Rede deutliche Worte: Als „Obszönität“ bezeichnete er die ungleiche Verteilung von Impfstoff gegen das Coronavirus. Schon im April 2020 hatte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Covax-Initiative ins Leben gerufen. Covax steht für „Covid-19 Vaccines Global Access“ und hat zum Ziel, Ländern unabhängig von ihrer Kaufkraft bestmöglichen Zugang zu Impfstoffen gegen Covid-19 zu bieten. Die Idee: Alle Staaten der Welt sollen in einen gemeinsamen Fonds einzahlen. Mit diesem

Geld soll dann gebündelt Impfstoff für alle eingekauft werden, sodass die Reichen für die Ärmern mitzahlen und die Vakzine gerecht nach Priorisierung verteilt werden. Doch trotz großer Spenden – unter anderem von den USA und der EU – ist die Welt von einer gerechten Verteilung des Impfstoffes noch weit entfernt. Während die Mehrheit in den Industrienationen geimpft ist, warten die Menschen in den ärmeren Ländern, wo etwa zwei Drittel der Weltbevölkerung leben, auf die schützende Injektion. Dort liegt die Impfquote bei unter fünf Prozent, die Zahl der Corona-Toten hingegen in den Hunderttausenden.

### Globale Lösungen sind einziger Ausweg

Doch als Einwohner/-in eines Industrielandes aus Solidarität mit den Ärmern auf die dritte Impfung zu verzichten, hält Andreas Frewer auch nicht für sinnvoll. Strukturen und Ressourcen zum Testen und Impfen zu schaffen, sei eine Aufgabe der Politik und damit ein nationales, eigentlich sogar globales strukturelles und ethisches Thema. Der beziehungsweise die Einzelne kann hier wenig tun. Dieses Problem sei auch nur auf internationaler Ebene lösbar, mahnt Frewer: „Die Vereinten

Die Welt ist von einer gerechten Verteilung der Corona-Impfstoffe noch weit entfernt.

ten Nationen müssen die Politik so weit aufrütteln, dass noch mehr Maßnahmen umgesetzt werden, die Pandemie als globale Krise zu begreifen und sie auch so zu bekämpfen – im Interesse der globalen Gerechtigkeit.“ Und im medizinischen Interesse. Schließlich können sich dort, wo die Pandemie nur mit unzureichenden Mitteln oder gar nicht bekämpft wird, gefährliche Mutanten bilden, die sich, wie wir in den vergangenen Monaten beobachten konnten, schnell über den ganzen Globus ausbreiten können.





Foto: Uwe Nils (as: Hefseite) (Collage): shutterstock.com/Yaw Niel (oben), shutterstock.com/Chan2545 (Mitte), stock.adobe.com/Ricardo Nils Mayer (unten)

Um die Corona-Pandemie global zu bekämpfen, ist es nötig, ärmere Länder bei der nachhaltigen Entwicklung zu unterstützen – von der Ausbildung von Fachpersonal bis hin zum Bau von Produktionsstätten für Impfstoffe.

**Nebenschauplatz Propagandakrieg**

„Nationale Strategien sind deshalb schlichtweg kurzsichtig“, konstatiert Frewer. „Entweder die Politik investiert in die Rettung von Leben, indem sie die Ursache der Pandemie überall und jetzt behandelt, oder sie gibt langfristig Billionen für die Folgen aus, ohne dass ein Ende in Sicht ist.“ Mit dem Denken innerhalb von Landesgrenzen habe auch ein anderes Phänomen wieder Aufwind erfahren: der Nationalismus. Zum Beispiel, als der frühere amerikanische Präsident Donald Trump den Begriff „China-Virus“ prägte und damit seine politische Agenda befeuerte, während die chinesische Regierung über ihre Staatsmedien teils die Bevölkerung glauben machte, dass ihnen die Covid-19-Pandemie von den USA aufgezwungen wurde. Diskriminierend, aber leider typisch, meint Medizinhistoriker und Ethiker Frewer. Denn in der langen Geschichte der Krankheiten und ihrer Bezeichnungen finden sich viele solcher Nationalismen und Rassismen. Sicherlich weniger absichtsvoll und dennoch diskriminierend fiel zu Beginn der Pandemie auch

die Namenswahl für die Virusvarianten aus, die sich nach dem vermeintlichen Ursprungsland richtete. So wurde von einer „indischen Mutante“ oder initial einer „englischen Variante“ gesprochen, was den ohnehin vom Virus geschüttelten Ländern zusätzlich noch einen Imageschaden eintrug. Deshalb werden Mutanten inzwischen nicht mehr nach Ländern, sondern mit griechischen Buchstaben benannt. „Es bleibt nur zu hoffen, dass wir nicht zu schnell alle benötigen werden“, sagt Frewer.

**Offener Zugang zu Wissen**

Wie die Corona-Pandemie auf globaler Ebene tatsächlich bekämpft werden kann, darüber debattiert die Politik noch. Für manche ist klar, dass die Freigabe der Impfstoff-Patente ein wichtiger Schritt gegen den Impfstoffmangel ist. Offener Zugang zu medizinischem Wissen kann dazu beitragen, billige Generika für ärmere Länder zu

produzieren, wo sich keiner die teuren Originalpräparate leisten kann. So hat der gezielte Bruch von Patenten, zum Beispiel in Brasilien und Indien, den Kampf gegen die dort grassierende HIV-Pandemie ein gewaltiges Stück vorangebracht. Bei Covid-19 sei die Freigabe der Patente allerdings nur ein Teil der Lösung, erläutert Frewer. Die Formel zu kennen, reiche nicht aus, um den Impfstoff zu produzieren. Zur Herstellung der Corona-Vakzine muss auf einem qualitativ sehr hohen Niveau gearbeitet werden, um die Wirksamkeit des Impfstoffs zu garantieren.

**Know-how-Export in Schwellenländer**

Hier gelte es im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, Kompetenzen und Kapazitäten zur Impfstoffherstellung dort auszubauen, wo es sie bisher nicht oder nicht in ausreichendem Maße gibt – also in Afrika, Südamerika und den ärmeren Ländern Asiens. Fachleute auszubilden und Fabriken zu bauen. Auch an diesem Punkt sei die Politik gefragt, um Unternehmen – sowohl mit politischen als auch mit pekuniären Mitteln – zu überzeugen, dieser Strategie zu folgen. „Viele Unternehmen werben damit, zu einer besseren Welt beizutragen. Hier gibt es eine Chance, sich tatsächlich für das Wohl aller zu engagieren. Ihr Schaden wird es sicher nicht sein.“ Eines sei ganz sicher: „Es wird eine neue Corona-Mutation oder ein anderes Virus kommen, das uns fordert“, mahnt Andreas Frewer. „Dafür brauchen wir Infrastruktur weltweit und nicht nur in den Industrienationen.“ Deshalb sei es eminent wichtig für die Zukunft, Initiativen wie Covax zu unterstützen und gleichzeitig mehr in die allgemeine Pandemievorsorge zu investieren.

**Die nächste Pandemie kommt bestimmt**

Doch nicht nur Covid-19 und seine Mutationen müssen wir beobachten. Auch gute alte Bekannte dürfen wir nicht aus den Augen verlieren. Denn: „Im Kampf gegen Tuberkulose müssen wir gerade Rückschläge hinnehmen. Trotz guter Medikamente gibt es noch immer zu viele HIV-Tote. Außerdem flackert punktuell die Ebola-Epidemie wieder auf“, erinnert Professor Frewer. „Außerdem müssen endlich die humanitären Katastrophen mehr Aufmerksamkeit erhalten!“ Die schon seit Jahrzehnten andauernde Armut- und Hungerkrise auf der Welt scheint nämlich ganz und gar vergessen – obwohl sie durch Corona nochmals verschärft wurde und gleichzeitig einen guten Boden für die Ausbreitung von Seuchen bietet. Doch die internationalen Ausgaben für Entwicklungshilfe sinken seit Jahren. „Es wird Zeit, dass endlich ein Umdenken beginnt“, fordert Frewer. Die Industrieländer müssten Verantwortung übernehmen, denn sie haben Macht und Mittel, etwas zu bewirken und mehr Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit herzustellen. „Die Schere zwischen Arm und Reich geht in Zeiten der Krise immer weiter auseinander: Jene, die schon vor der Pandemie mit vielen Herausforderungen des Lebens kämpfen mussten, trifft die Krise besonders. Wir müssen denen helfen, die sich nicht selbst helfen können.“

■ Sandra Kurze

**Zum Weiterlesen**

Vor welche ethischen Herausforderungen Pandemien uns stellen, hat Andreas Frewer gemeinsam mit Fachkolleg/-innen am Beispiel von Corona in einem Buch herausgearbeitet: Andreas Reis, Martina Schmidhuber, Andreas Frewer (Hg.): Pandemien und Ethik. Entwicklung – Probleme – Lösungen, 2021.



**WAS UNS MIT ELTERS DORF VERBINDET?  
DAS PRIMA KLIMA.**



Mit unserem täglichen Einsatz setzen wir immer wieder (energie-)effiziente Impulse in der Luft- und Klimatechnik. Und für die Region.

Als Top-Arbeitgeber – direkt vor der Haustür. Als Familienbetrieb seit 1966, der weiter seinen Platz in Eltersdorf findet.

Als jung denkendes Ausbildungsunternehmen, das sich auf zukünftige Frischluftfanatiker und Klimaschützer freut.

**DÖRSCH + LEIBL GMBH & CO. KLIMATECHNIK KG**  
Weinstraße 41  
91058 Erlangen  
Tel. 09131 90282-0  
Fax 09131 90282-40  
info@doersch-leibl.de  
www.doersch-leibl.de





# Die Klimaversteher

Das Klima verändert sich weltweit. FAU-Forschende untersuchen, wie sich der Klimawandel auf einzelne Regionen auswirkt, um ihn als großes Ganzes besser zu verstehen. Dazu begeben sie sich an die unwirtlichsten Plätze der Welt.

## D

ie Geschwindigkeit, mit der sich das Klima verändert, ist überall auf der Welt unterschiedlich, in einigen Gebieten geht es jedoch besonders schnell. Wie zum Beispiel in den sogenannten „Cold Regions“, kalten und vergletscherten Zonen wie den Hochgebirgen Neuseelands, den Bergen Afrikas oder den Gletschern Patagoniens. Häufig ist es für die Bevölkerung jedoch nicht leicht zu verstehen, warum Orte so weit weg von Deutschland und Europa untersucht werden und es nicht vorrangig um das Klima vor der eigenen Haustür geht.

Warum gerade die unwirtlichsten Gegenden der Welt so interessant für die Forschung sind, erklärt Dr. Thomas Mölg, Professor für Klimatologie an der FAU, so: „Die Cold Regions und ihre Gletscher haben einen entscheidenden Einfluss auf den Wasserhaushalt des gesamten Planeten. Somit haben die Prozesse in diesen Gebieten eine wichtige Bedeutung für das globale Klima und dessen Veränderungen auch in Europa.“

### Das System Klima

Und genau diese Prozesse will das Team um Thomas Mölg besser verstehen. Die Untersuchung der Funktionsweise und Mechanismen des „Systems Klima“ bildet nämlich die Grundlage der Klimaforschung. Ohne sie ist es nicht möglich, zukünftige Klimaveränderungen zu berechnen oder die Folgen für die Umwelt und die Menschheit abzuschätzen.

Hierfür eignen sich die Cold Regions ganz besonders, denn dort sind die verschiedenen Bausteine, die das Klima ausmachen, nämlich die Atmosphäre, die Ozeane und die vereisten Bereiche, die sogenannte Kryosphäre, sehr gut verbunden. Eine Region, in der die drei Komponenten in idea-

ler Weise vereint sind, ist beispielsweise das Hochgebirge von Neuseeland. Durch die geringe Größe des Landes und seine Lage auf der Südhalbkugel, auf der es weniger Landmassen gibt als auf der Nordhalbkugel, stehen hier Gletscher, Atmosphäre sowie der umgebende Ozean in besonders engem Zusammenhang. Dies ist für die Forschung zu zukünftigen Klimaveränderungen ausgesprochen interessant. Denn während das Wetter von kurzfristigen Veränderungen unserer Atmosphäre bestimmt wird, spielen für das Klima, das ein längerfristiges Phänomen ist, die Ozeane eine wichtige Rolle. An den nahen Gletschern wiederum können die Auswirkungen dieser Veränderungen direkt beobachtet werden. Die Beobachtung aller drei Komponenten, Gletscher, Ozean und Atmosphäre, liefert über Jahre hinweg sehr schnell riesige Datenmengen über Faktoren wie beispielsweise die Temperatur, den Niederschlag oder die Windgeschwindigkeit. Deren Zusammenspiel und ihre Wirkung auf das Klima ist äußerst komplex. Für die Berechnung der entsprechenden Klimamodelle vertrauen Thomas Mölg und sein Team daher auf die Zusammenarbeit mit den Kolleginnen und Kollegen der Abteilung Hochleistungsrechnen am Regionalen Rechenzentrum Erlangen der FAU. Trotz der dort verwendeten Supercomputer kann es jedoch Wochen bis Monate dauern, um ein einziges Modell in all seinen Details durchzurechnen. „Für eine Beurteilung der Klimamodelle sind die Daten, die wir im Gelände gewinnen, zum Beispiel mit automatischen Wetterstationen, besonders wichtig“, sagt Thomas Mölg. „Wir können prüfen, ob die Modelle zu denselben Ergebnissen kommen, die wir in der Natur beobachtet haben. So können wir unsere Modelle herausfor-



Wer verstehen will, wie das Klima funktioniert, muss an unwirtliche Orte – wie hier auf den Berg Im Hinteren Eis mit 3260 Meter Höhe in den Alpen. FAU-Klimaforscher Tobias Sauter befreit eine Wetterstation vom Anraum eines Schneesturmes im Frühling.

Foto: Lilian Schuster



dern und sie in der Folge weiter optimieren, um bessere Einschätzungen über das Klima der Zukunft zu machen.“

Eine weitere Cold Region, in der die FAU-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler forschen, sind die hohen Berge Afrikas wie der Mount Kenia oder der Kilimandscharo. Diese Berge zählen zu den wenigen Regionen in den Tropen rund um den Globus, in denen Schnee fällt. Und in den Tropen sind die stärksten Mechanismen aktiv, die Klimavariabilität hervorrufen, also Schwankungen in Bezug auf das langjährige Mittel wie zum Beispiel das bekannte El-Niño-Phänomen. Diese Schwankungen können in den Schneefallmustern, also der Menge an Schnee, die über einen bestimmten Zeitraum fällt, auf den hohen tropischen Bergen erkannt werden. Dies dient wiederum dazu, die entsprechenden Klimamodelle zu verifizieren und weiter zu verfeinern.

Doch nicht alle Cold Regions liegen in weiter Ferne. Ein besonders wichtiges Projekt verfolgt Thomas Mölg zusammen mit Kolleginnen und Kollegen von der Universität Innsbruck am Hintereisferner in den Ötztaler Alpen in Tirol. Ziel der Forschung im dortigen Freiluftlabor ist es, die sogenannte Schneedrift besser zu verstehen, bei der Schnee durch Wind von einer Stelle an eine andere verlagert wird, was wiederum auch die Eismasse der umgebenden Gletscher beeinflusst. Dieser Vorgang ist durch die zahlreichen beteiligten Variablen, wie zum Beispiel Windgeschwindigkeit und Lufttemperatur, sehr schwer zu verstehen und daher in den Klimamodellen bislang kaum abgebildet. Das Phänomen ist jedoch extrem wichtig, da die Gletscher auf diese Weise langfristig sowohl Eismasse verlieren als auch dazugewinnen und somit das über-

regionale Klima beeinflussen können. Für die entsprechenden Untersuchungen bietet sich der Hintereisferner wegen seiner guten Infrastruktur hervorragend an. „Wir dürfen nicht vergessen, dass wir in den Cold Regions in aller Regel mit lebensfeindlichen Bedingungen zu kämpfen haben. Das sind keine Orte, an denen Menschen sich lange aufhalten können“, bemerkt Thomas Mölg.

Wie wichtig ein besseres Verständnis der Schneedrift ist, wird besonders an den Gletschern von Patagonien deutlich. Aufgrund der Lage in der Westwindzone der Südhalbkugel ist das Phänomen in dieser stürmischen Region besonders ausgeprägt. Auf der Südhalbkugel gibt es im Vergleich zur Nordhalbkugel nämlich sehr wenig Landmassen, sodass die Winde hier nur wenig „Widerstand“ finden. Das Abschmelzen der patagonischen Gletscher trägt gegenwärtig mit am meisten zum globalen Anstieg des Meeresspiegels bei. Deshalb ist es so wichtig, die Schneedrift zu verstehen und in Modellen simulieren zu können, um die zukünftigen Veränderungen des Meeresspiegels zu berechnen. Daher ist es ein Glück für die Forscherinnen und Forscher, auf die am Hintereisferner in den Alpen gewonnenen Daten zurückgreifen zu können, denn die entsprechenden Bereiche in Patagonien sind extrem schwer zugänglich.

Wie bei den Projekten von Thomas Mölg und seinem Team greift auch beim globalen Klima und dessen Wandel alles ineinander. Nur wenn die Einzelheiten und Details verstanden sind, ist es möglich, weitreichendere Konsequenzen abzuschätzen.

■ Sebastian Teichert

## Rechnen für die Forschung

Das Forschungsteam um Prof. Thomas Mölg entwickelt Computermodelle, die das globale Klima auf eine regionale Ebene herunterbrechen. Das geschieht mithilfe des Hochleistungsrechnens, dem sogenannten High-Performance-Computing (HPC). Damit ist es möglich, Herausforderungen anzugehen, an denen ein PC scheitern würde, weil dieser zu wenig Leistung hat. Ein Supercomputer, wie ihn die AG Mölg am Regionalen Rechenzentrum Erlangen (RRZE) nutzt, braucht circa eine Woche für eine Aufgabe, die einen Heim-PC mehrere Jahrzehnte beschäftigen würde. Diese wertvolle Ressource steht allen Forschenden der FAU zur Verfügung; ein automatisiertes Ressourcenvergabesystem stellt sicher, dass niemand den Rechner für sich monopolisiert. Für Thomas Mölg waren die High-Performance-Computing-Ressourcen wichtige Gründe, an die FAU zu kommen. Und die Kapazitäten werden weiter ausgebaut: Zum 1. Januar 2021 wurde am RRZE das „Zentrum für nationales

Hochleistungsrechnen Erlangen“ (NHR@FAU) etabliert. Es ist Teil einer Fördermaßnahme, in der Bund und Länder über zu nächst zehn Jahre insgesamt 625 Millionen Euro in die Hand nehmen, um acht nationale Zentren aufzubauen. Aktuell bereitet das NHR@FAU die Installation eines neuen Supercomputers vor, der etwa zehnmals leistungsfähiger als die aktuellen Erlanger Systeme ist. Ein Teil des neuen Rechners wird direkt in der Kältezentrale der Naturwissenschaftlichen Fakultät untergebracht sein, um eine hohe Energieeffizienz zu erreichen. Die Projektplanung zum Bau eines neuen, hoch energieeffizienten Rechenzentrums an der FAU hat bereits begonnen.



Foto: Erich Malter



## In den Alpen

Die Station Hintereis auf 3026 Meter Höhe, oberhalb des Hintereisferners, dient den FAU-Geograf/-innen und ihren Kolleg/-innen der Universität Innsbruck als Stützpunkt für Feldarbeiten (Foto rechts). Hier an einem der größten Gletscher Tirols hat das Team auch eine Wetterstation aufgebaut (Mitte), die verschiedene meteorologische Größen misst. Um das Phänomen der Schneedrift besser zu verstehen, wo Schnee vom Wind verlagert wird und sich so auf die Eismasse der umgebenden Gletscher auswirkt, entnimmt das Team Proben in einem Schneeschacht. Anhand dieser können sie die Dichte und chemische Zusammensetzung des Schnees bestimmen.

Fotos: Robbie Shone





## Die Gletscher Neuseelands

Das Forschungsobjekt der Universitäten in Otago und Erlangen-Nürnberg: der Brewster Gletscher in den Südlichen Alpen Neuseelands (Foto unten). Im mittleren Foto ist überhängendes, blaues Eis am Gletschertor zu sehen, dem Ausgang am Ende der Gletscherzunge, durch den der Schmelzwasserabfluss eines Gletschers erfolgt. FAU-Doktorandin Elena Kropač kontrolliert die automatische Wetterstation unterhalb des Gletschers auf 1650 Meter Höhe (Foto oben). Der Abgleich mit den Daten aus den Wetterstationen im Gelände hilft dem FAU-Team um Thomas Mölg, genauere Klimamodelle zu erstellen.



Fotos: Chris Gardien, University of Otago



Fotos: Thomas Mölg

## Im patagonischen Eis



Den Grey-Gletscher im chilenischen Patagonien (Foto Mitte) zeichnet eine stark zerklüftete Oberfläche aus und ein Gletscherende, das in einen See ausmündet. Seine Front ist das beeindruckende Eiskliff im Foto oben. Die AG Mölg untersucht auch hier die regionalen Klimaauswirkungen: Auf dem unteren Foto ist zu sehen, wie das Team eine Eisbohrung vorbereitet, mit der Pegel installiert werden, an denen man nach einer gewissen Zeit die Veränderung der Eisdicke ablesen kann. Satellitenbilder der NASA zeigen bereits, dass die Gletscherzunge des Grey-Gletschers in den letzten Jahrzehnten um mehrere hundert Meter zurückgewichen ist.

HighTech fängt

im Kopf an

Wir bewegen Mensch und Maschine  
[www.heitec.de/karriere](http://www.heitec.de/karriere)

**HEITEC**  
engineering solutions



# Erde in Not

FAU-Paläobiologe Prof. Dr. Wolfgang Kießling ist Hauptautor zweier Kapitel des Weltklimaberichts. Im Interview erzählt er von dieser ehrenamtlichen Tätigkeit und erläutert, wie es um die Erde, insbesondere unsere Ozeane, steht.

## H

**err Kießling, wie wird man eigentlich zu einem der Hauptautoren beim Weltklimarat?**

Für diese ehrenamtliche Tätigkeit wird man zunächst nominiert, danach muss man sich bewerben. Mich hat 2016 Hans-Otto Pörtner vom Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven gefragt, ob ich nicht mitmachen wolle. Er selbst ist schon sehr lange in maßgeblicher Funktion im IPCC. Dabei war ihm aufgefallen, dass mein Fachgebiet der Paläobiologie und Paläoumwelt im Weltklimarat kaum vertreten war.

**Welchen Beitrag kann die Paläontologie, die sich mit der Evolution von Tieren und Pflanzen beschäftigt, zum heute stattfindenden Klimawandel liefern?**

Es gab ja in der Vergangenheit bereits Zeiten, in denen sich das Klima durch natürliche Einflüsse erheblich veränderte. Zum Beispiel quollen vor gut 200 Millionen Jahren dort, wo heute der Atlantik ist, in relativ kurzer Zeit gigantische Lavamengen aus der Erde, die schließlich mit elf Millionen Quadratkilometern rund die 2,6-fache Fläche der heutigen Europäischen Union bedeckten. Mit dieser Lava strömten auch riesige Mengen des Treibhausgases Kohlendioxid in die Luft. Möglicherweise verstärkten weitere natürliche Prozesse den Treibhauseffekt zusätzlich, und die Temperaturen stiegen damals weltweit um rund vier bis sechs Grad Celsius. Gleichzeitig verschwanden in dieser Zeit rund 70 Prozent aller Arten von der Erde. Mit meinem Team untersuche ich seit vielen Jahren die Zusammenhänge

zwischen diesen beiden Ereignissen. Dieses Wissen kann uns wichtige Hinweise liefern, wie der heutige Klimawandel die Natur bereits beeinflusst und vor allem in Zukunft beeinflussen wird. Genau dieses Wissen sollte auch im IPCC berücksichtigt werden.

**Deshalb haben Sie sich dann für den IPCC beworben?**

Richtig. Wie alle anderen Bewerber habe ich meinen Lebenslauf eingereicht und meine wissenschaftliche Expertise auch mithilfe einiger wichtiger Publikationen geschildert. Beworben habe ich mich für die Arbeitsgruppe 2 des IPCC, die sich mit den Auswirkungen des Klimawandels sowie den Verletzlichkeiten und den Anpassungen daran beschäftigt. Die Gruppe 1 des IPCC nimmt dagegen die physikalischen und meteorologischen Grundlagen des Klimawandels unter die Lupe, während sich die dritte Gruppe mit den Maßnahmen beschäftigt, die den Klimawandel bremsen und schließlich stoppen können. Das IPCC-Führungsgremium sucht sich dann geeignete Bewerber aus. Dabei achtet es auch darauf, dass die Regionen der Welt und diverse Gruppen angemessen vertreten sind, um die unterschiedlichen Blickwinkel zu berücksichtigen. Diese können sich ja zum Beispiel zwischen europäischen, nord- und südamerikanischen, afrikanischen, ozeanischen und asiatischen Ländern erheblich unterscheiden. Genau das muss eine Unterorganisation der Vereinten Nationen natürlich berücksichtigen.



Foto: David Hartfiel



### Damals und heute

Im Rahmen der DFG-Forschungsgruppe TERSANE untersuchen Wolfgang Kießling und sein Team klimatische Extremereignisse in der Geschichte unseres Planeten: Wie kam es zu extremen Hitzezeiten? Wie stark waren die assoziierten Umweltveränderungen? Und wie haben sich diese konkret auf Meerestiere und Ökosysteme ausgewirkt? Ziel ist, herauszuarbeiten, unter welchen Bedingungen Massenaussterben durch Klimawandel ausgelöst werden können.

#### Wie arbeiten diese IPCC-Gruppen?

Insgesamt engagieren sich im Weltklimarat rund tausend Personen, davon knapp 300 in der Gruppe 2. Der Bericht dieser Arbeitsgruppe 2 ist in 18 Kapitel aufgeteilt. Da ich mich vor allem mit den Weltmeeren beschäftige, bin ich natürlich im Kapitel Ozeane. Zusätzlich koordine ich noch eines von sieben übergreifenden Kapiteln, das sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Hotspots der Biodiversität beschäftigt. Und außerdem schreibe ich gemeinsam mit einem Kollegen aus den USA einen übergreifenden Artikel über den Einfluss des natürlichen Klimawandels auf frühere natürliche und kulturelle Gemeinschaften. Das ist eine Zusammenfassung von paläontologischen und archäologischen Erkenntnissen.

#### Unterscheidet sich die Arbeit im IPCC von Ihrer Forschung an der FAU?

Es gibt sogar einen ganz fundamentalen Unterschied: In den Naturwissenschaften stellen wir in unseren Veröffentlichungen neue Erkenntnisse und Ergebnisse vor. Im IPCC machen wir dagegen keine Forschung, sondern sammeln für jedes Teilgebiet das gesamte bereits vorhandene Wissen. Das ordnen wir dann nach bestimmten Kriterien und schauen uns dabei zum Beispiel an, ob es sich bei einer Arbeit um eine Meta-Analyse handelt, in der aus mehreren bereits veröffentlichten Studien neue Erkenntnisse gewonnen werden. Das so gesammelte Wissen bewerten wir nach streng wissenschaftlichen Kriterien und fassen es in einem objektiven Bericht zusammen.

#### Wie umfangreich ist ein solcher Bericht?

Der Bericht der Gruppe 2 erscheint im Februar 2022 und musste daher bis Anfang September 2021 eingereicht werden. Insgesamt sind es rund 2000 Seiten, in denen unvorstellbar viel Arbeit steckt, die wir neben unserer normalen Tätigkeit in Forschung und Lehre geleistet haben.

#### Jeder der 300 Beteiligten in der Gruppe 2 sollte also im Durchschnitt weniger als sieben Seiten schreiben?

Das klingt zwar überschaubar, sieht in der Praxis aber völlig anders aus. So diskutieren wir untereinander jeden einzelnen Punkt ausführlich, bis wir eine gemeinsame, objektive Formulierung gefunden haben. Dieser Text wird dann noch dreimal extern begutachtet. In der ersten Runde können alle, die ihre wissenschaftliche Befähigung belegen können, ihre Kommentare dazu abgeben. Später kommen

dann auch noch Anregungen von der Seite der Regierungen hinzu. 1800 solcher Kommentare kamen allein zum Thema Ozeane, das ja nur eines von 25 Kapiteln in der Gruppe 2 ist. Jeder davon wird bearbeitet und ausführlich diskutiert, kein einziger Kommentar wird ignoriert. Wir handeln ja im Auftrag der Vereinten Nationen und damit für die gesamte Welt.

#### Und wo steht diese Welt jetzt? Können wir das 1,5-Grad-Ziel noch erreichen?

Dazu müsste die gesamte Erde bis zum Jahr 2050 in der kompletten Netto-Bilanz die Emissionen der Treibhausgase auf null bringen. So steht es im bereits im August 2021 vorgelegten Bericht der IPCC-Gruppe 1. Das betrifft natürlich auch die Länder und Bereiche, in denen derzeit der Ausstoß von Klimagasen noch steigt. Wenn selbst das reiche Europa dieses Ziel erst 2050 erreichen will, zeigt das, wie knapp die Zeit bereits ist. Ich persönlich glaube nicht, dass wir das weltweit schaffen.

#### Welche Maßnahmen empfiehlt der Weltklimarat in dieser Situation?

Der IPCC selbst gibt gar keine konkreten Empfehlungen, das ist auch nicht seine Aufgabe. Wir bewerten nur die wissenschaftliche Literatur und machen daraus Aussagen, die in Handlungsanweisungen umgesetzt werden können.

Foto: David Hartfiel



Prof. Dr. Wolfgang Kießling sieht das 1,5-Grad-Ziel skeptisch: Er glaubt nicht, dass wir es weltweit schaffen können.

„Der Meeresspiegel wird [...] um bis zu 70 Zentimeter ansteigen. [...] Wenn wir nichts unternehmen, werden wir an den Küsten daher sehr viel Land verlieren.“

Diese Aussagen wiederum sind eindeutig: Der Klimawandel ist längst da, und wir müssen uns an die Auswirkungen anpassen. Die Folgen sind allgegenwärtig. Extremwetterereignisse wie Stürme, Überflutungen, Dürren und Brände haben sich zum Beispiel seit den 1990er-Jahren verdoppelt. Ein Rückgang der Emissionen wird die Anpassung erleichtern, aber die sogenannte „Minderung“ alleine wird die Welt nicht retten.

#### Welche Auswirkungen gibt es in den Ozeanen?

Der Meeresspiegel wird bis zum Ende dieses Jahrhunderts um bis zu 70 Zentimeter ansteigen. Weil das Klimasystem sehr träge reagiert, lässt sich dieser Anstieg durch Klimaschutzmaßnahmen auch nicht mehr verhindern, sondern allenfalls noch ein wenig abmildern. Wenn wir nichts unternehmen, werden wir an den Küsten daher sehr viel Land verlieren.

#### Wir sollten also schleunigst die Deiche verstärken und erhöhen?

Solche technischen Maßnahmen sind sehr teuer und stoßen rasch an ihre Grenzen. Viel besser und auch preiswerter sind natürliche Systeme. Zu diesen „Nature based solutions“ gehören in wärmeren Weltgegenden zum Beispiel Korallenriffe und Mangrovenwälder. Beide schützen nicht nur die Küsten vor Erosion und Sturmschäden, sondern sind auch für das

Ökosystem der Meere sehr wichtig. In den Korallenriffen lebt zum Beispiel nicht nur eine Gemeinschaft aus Würmern, Schwämmen, Stachelhäutern, Weichtieren und Krebsen. Dort haben auch viele im freien Wasser lebende Fische ihre Kinderstube, in der ihr Nachwuchs relativ gut geschützt ist. Außerdem schlägt man zwei Fliegen mit einer Klappe: Mangrovenwälder schützen nicht nur die Küste, sondern sind auch ein super Kohlenstoffspeicher und bremsen so den Klimawandel.

#### Welche Auswirkungen hat der Klimawandel schon heute auf das Meeresleben?

Da spielt die Wassertemperatur eine große Rolle. Wird es zu warm, kommen viele Fische rasch in Schwierigkeiten. Wenn es geht, weichen sie dann in kühlere Regionen aus. So wandert der Kabeljau zunehmend aus der



Nordsee heraus, aus der Ostsee könnte er vermutlich noch in diesem Jahrhundert völlig verschwinden. Seit den 1960er-Jahren sind nicht nur viele Fischarten, sondern zum Beispiel auch Korallen in jedem Jahrzehnt rund 50 Kilometer polwärts ausgewichen. Dieser Trend sollte sich in Zukunft noch beschleunigen.

**Funktioniert dieses Ausweichen überall?**

Nein, immer wieder stoßen die Tiere auch an natürliche Grenzen. Im Mittelmeer können sie zum Beispiel zunächst einmal in die etwas kühleren Gewässer weiter im Norden wandern. Spätestens an der französischen Mittelmeerküste aber erreichen sie das Ende dieser Sackgasse. Und aus dieser kommen sie kaum noch heraus, weil auf dem Rückweg nach Süden das Wasser ja wärmer wird. Aber auch in Regionen ohne solche natürlichen Grenzen kann das Ausweichen leicht scheitern. So erreichen Populationen in Meeres-Schutzgebieten irgendwann deren Grenzen. Kommen sie dann in Regionen, die ohnehin bereits überfischt sind, sinken ihre Überlebenschancen rasch. Um solche Entwicklungen zu verhindern, kann man schon vorab Korridore, in denen die Tiere sicher wandern können, zu weiter nördlich liegenden Schutzgebieten einrichten.

**Bereiten diese Ausweich-Wanderungen anderen Arten Probleme?**

Aus dem Roten Meer sind in den vergangenen Jahrzehnten viele Arten durch den Suezkanal nach Norden in die kühleren Gewässer des Mittelmeers gelangt. Nach dem Erbauer des Suezkanals Ferdinand de Lesseps wird diese Wanderung Lessepsische Migration genannt. An den Küsten Israels und der benachbarten Regionen tauchen diese Arten aus dem Roten Meer dann wieder auf. Dieses Gebiet gilt daher als das am stärksten von einer Invasion fremder Arten betroffene Meeres-Ökosystem der Welt.

**Haben die Arten weitere Möglichkeiten, dem Klimawandel auszuweichen?**

Sie könnten auch in tiefere Wasserschichten umziehen. Allerdings ist das alles andere als einfach: In größere Wassertiefen dringt erheblich weniger Licht. Dort wachsen daher auch weniger Algen, die mithilfe von Licht aus Kohlendioxid organische Substanzen herstellen und dabei gleichzeitig Sauerstoff produzieren. Daher finden die Auswanderer in der Tiefe weniger Sauerstoff, den sie aber genau wie die Tiere an Land zum Leben brauchen.



Wolfgang Kießling beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf das Meeresleben – und konstatiert: Viele Fischarten wandern seit Jahrzehnten polwärts, um der steigenden Wassertemperatur zu entgehen.

**Über Wolfgang Kießling**

Prof. Dr. Wolfgang Kießling ist Inhaber des Lehrstuhls für Paläoumwelt im GeoZentrum Nordbayern und daneben auch Hauptautor von zwei Kapiteln in der Arbeitsgruppe 2 des Weltklimarats IPCC, die sich mit den Auswirkungen des Klimawandels sowie den Verletzlichkeiten und den Anpassungen daran beschäftigt.

**Welche weiteren Probleme bereitet der Klimawandel dem Meer?**

Bei den Massenaussterbe-Ereignissen der Vergangenheit spielte oft ein tödliches Trio eine entscheidende Rolle. Steigen die Kohlendioxid-Konzentrationen in der Luft, heizt dieses Treibhausgas ja nicht nur die Luft und später auch das Wasser auf, sondern gelangt auch zunehmend ins Wasser. Dadurch wird das Wasser saurer und bringt so mit der Zeit vor allem Organismen in Probleme, die sich mit einer harten Kalkschale vor Feinden schützen. Wird das Wasser saurer, können sie nämlich viel schlechter und irgendwann gar nicht mehr Kalk abscheiden. Neben der Wärme ist also auch diese Versauerung ein Riesenproblem.

**Wer ist der Dritte in diesem tödlichen Trio?**

In wärmerem Wasser ist auch viel weniger Sauerstoff gelöst. Gleichzeitig läuft bei steigenden Temperaturen auch der Organismus der Fische und anderer Wasserbewohner auf höheren Touren und benötigt daher mehr Sauerstoff. Das aber kann zum Super-GAU führen: Vor 250 Millionen Jahren nahm auf

Foto: David Hartfiel

diese Art der Klimawandel und der dadurch ausgelöste Sauerstoff-Mangel zahlreiche Arten in die Zange, bis am Ende sehr viele von ihnen ausstarben. Vor allem die Kombination aus Sauerstoff-Mangel und steigenden Temperaturen ist also supergefährlich. Darauf sollten wir beim Klimawandel also besonders stark achten.

**Gibt es auch an Land für Arten auf der Flucht vor dem Klimawandel ähnliche Grenzen wie im Meer?**

An Land gibt es solche Grenzen sogar viel häufiger als im Meer. Für Arten des Waldes bildet etwa eine weite Agrar-Landschaft, in der vielleicht auch noch die Hecken fehlen, rasch eine unüberwindbare Barriere. Auch Siedlungen oder breite und stark frequentierte Verkehrswege können eine solche Grenze bilden, die viele Arten ähnlich wie Wüsten oder Hochgebirge kaum überqueren können. Auch hier würden Wald-Korridore oder auch Heckenreihen zwischen den Feldern und Wiesen wichtige Verbindungen bilden, auf denen zum Beispiel Wildkatzen zum nächsten Wald schleichen könnten. Auch an Land sollten wir uns also möglichst gut an den Klimawandel anpassen.

■ Interview: Roland Knauer

**UNSER STANDORT IN ERLANGEN STELLT EIN**

Werden Sie Teil des weltweit führenden Unternehmens im Dienste der Wissenschaft und starten Sie noch heute Ihre Karriere.

Welche Geschichte werden Sie erzählen?



Besuchen Sie [jobs.thermofisher.com/de/de](https://jobs.thermofisher.com/de/de) oder **erfahren** Sie hier mehr über unsere Karrieremöglichkeiten

**ThermoFisher SCIENTIFIC**  
The world leader in serving science



# Was nicht passt, wird passend gemacht

Pflanzen haben sich über Jahrtausende an das Klima in unseren Breitengraden angepasst. Jetzt steigen die Temperaturen schnell. Welche Möglichkeiten haben wir, die heimische Flora anzupassen?

## D

ie zweite Dekade des 21. Jahrhunderts war in Deutschland die wärmste seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Der Temperaturdurchschnitt des Jahres 2020 lag mit 10,4 Grad Celsius um 2,2 Grad über der Referenzperiode von 1961 bis 1990. Diese Zahlen des Deutschen Wetterdienstes bestätigen die Erkenntnisse des Weltklimarates: Die menschengemachte, von der Wissenschaft seit Jahrzehnten vorausgesagte Erderwärmung schreitet immer schneller voran.

### Pflanzen stehen unter Stress

Was können wir hierzulande tun? Die Forderung nach einem radikalen Umbau der Wohlstandsgesellschaft geht offenbar an der Natur des Menschen vorbei: „Tunica propior pallio est“ – die Tunika ist mir näher als der Mantel, wusste schon der römische Dichter Plautus. Die Bilder der Flutkatastrophe an Ahr und Erft werden – um nur ein Beispiel zu nennen – die dramatische Zunahme spritfressender Wohnmobile und SUVs nicht verhindern.

Realistisch betrachtet, begegnen wir der Klimakrise mit den Werkzeugen eines Änderungsschneiders, dem das Hemd näher ist als die Hose. Wir handeln anthropozentrisch, zum Vorteil des eigenen Landes, der eigenen Gemeinschaft und unserer selbst. Obwohl das gesamte Ökosystem der einheimischen Flora bedroht ist, werden wir uns vermutlich zunächst auf jene nützlichen Pflanzen konzentrieren, die im Garten, Forst oder auf dem Feld stehen.

Claus Heuvelmann, technischer Leiter des Botanischen Gartens Erlangen, ist für die Kontrolle von circa 5000 Bäumen auf dem Gelände der FAU zuständig. „Wir können nicht gegen den Klimawandel anwässern“, sagt er mit Blick auf das ihm

zur Verfügung stehende Personal und die technischen Möglichkeiten. Doch selbst wenn es gelänge, die oft auf versiegelter Fläche stehenden Stadtbäume ausreichend mit Wasser zu versorgen, sei noch nicht viel gewonnen.

„Sie sterben nicht an Hitze und Trockenheit alleine, sondern am fortwährenden Stress und dem daraus folgenden Pilz- und Insektenbefall.“ Der Begriff Stress steht dabei in vielen Fällen für komplexe Wechselbeziehungen, die oft noch gar nicht erforscht sind. Dies betrifft nicht nur Baumarten, die an suboptimalen Standorten gepflanzt wurden, sondern selbst die seit tausenden von Jahren an das mitteleuropäische Klima angepasste Rotbuche (*Fagus sylvatica*). Die Erderwärmung verändert eben zu vieles in zu kurzer Zeit.

Besonders bei ausgewachsenen Rotbuchen beobachtet man in den letzten 25 Jahren verstärkt Krankheitssymptome, obwohl sie aufgrund ihres Alters gut mit Nährstoffen versorgt sein müssten. Ausgehend vom Kronenbereich sterben große Rindenpartien ab, was häufig zu einer Stammfäule und letztlich zum Absterben des Baumes führt. Die Erkrankung wird als Buchenrindennekrose beziehungsweise Buchenkomplexkrankheit beschrieben, an der gleichzeitig oder hintereinander mehrere Umweltfaktoren beteiligt sind. Der sichtbare Befall mit dem Rotbuchen-Rindenkugelpilz (*Biscogniauxia nummularia*) oder der Buchenwollschildlaus (*Cryptococcus fagisuga*) spielt dabei offenbar nur eine untergeordnete Rolle.

Bei der Rußrindenkrankheit, die Ahornbäume befällt, ist der Schuldige dagegen leichter auszumachen. Die Infektionskrankheit wird durch die Sporen der Pilzart *Cryptostroma corticale* ausgelöst. Aber auch in diesem Fall gilt: „Der Pilz ist

### Fit fürs Klima

Im Projektverbund „BayKlimaFit – Strategien zur Anpassung von Kulturpflanzen an den Klimawandel“ untersuchen Wissenschaftler/-innen, welche Mechanismen die Anpassung von Pflanzen an den Klimawandel und an die sich daraus ergebenden neuen Umweltbedingungen erlauben. Koordiniert wird das Projekt von FAU-Biochemiker Prof. Dr. Uwe Sonnwald; gefördert wird BayKlimaFit durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.



Foto: David Hartfel



Annette Debel zieht mit einem sogenannten Trephor Bohrerkerne aus Versuchsbäumen, um die Wachstumsprozesse besser differenzieren zu können.



Foto: Mathias Orgeldinger

schon im gesunden Baum, führt aber erst bei Stress zum Ausbruch der Krankheit“, erklärt Heuvmann.

Der geschwächte Ahorn trifft auf einen Pilz, dessen Wachstumsoptimum bei 25 Grad Celsius liegt. Mit jedem Hitzesommer verschlimmern sich die Symptome. Die Rinde bildet Blasen und löst sich vom Stamm, auf dem Millionen von rußschwarzen Sporen sitzen, die durch den Wind verbreitet werden. Die wenige Mikrometer großen Sporen können beim Einatmen auch in die menschliche Lunge gelangen und dort im Extremfall Entzündungen hervorrufen. Daher wird der Pilzbefall auch als Holzfällerkrankheit bezeichnet.

### Welcher Baumbestand wird sich zukünftig anbieten?

Phänologische Beobachtungen des Deutschen Wetterdienstes aus den Jahren 1961 bis 2010 belegen, dass der Frühling in Bayern immer früher beginnt. Einige Pflanzen treiben bis zu drei Wochen früher aus. Das hat natürlich auch Auswirkungen auf viele Tierarten. So sind beispielsweise die Raupen einiger Schmetterlingsarten auf Blätter angewiesen, die sich gerade erst entfaltet haben. Schlüpfen die Raupen Wochen später, finden sie kaum noch Nahrung. In der Folge gibt es weniger Schmetterlinge, die Pflanzen bestäuben können und ihrerseits Vögeln und Fledermäusen als Beute dienen.

### Unterwegs im Wald

Im Rahmen der Youtube-Reihe „FAU4YOU“ stellt Annette Debel ihre Forschung zu den lokalen Auswirkungen von Großwetterlagen auf das Wachstum von forstwirtschaftlich relevanten Baumarten genauer vor:



Weil die ökologischen Zusammenhänge sehr komplex sind, fällt es Gärtnern und Försterinnen schwer, Anpassungsstrategien zu entwickeln, die über das reflexhafte Anpflanzen wärmeliebender Arten hinausgehen. „Eigentlich müssten wir die Auswirkungen erst über Jahrzehnte testen“, sagt Heuvmann. Für das Stadtgebiet wäre die ungarische Eiche (*Quercus frainetto*), die Flaumeiche (*Quercus pubescens*) oder die Elsbeere (*Sorbus torminalis*) geeignet.

Auch die wärmeliebende Hainbuche (*Carpinus betulus*) wäre ein guter Straßenbaum, sei jedoch empfindlich gegen direkte Sonneneinstrahlung, sagt Heuvmann. Eine Alternative zu den (absterbenden) Kiefern am Uni-Südgelände wäre die Roteiche (*Quercus rubra*), jedoch keinesfalls als Monokultur. „Ihre klebrigen Blätter haben den Nachteil, dass sie den Waldboden mit ihrem Laub regelrecht ersticken und den Aufwuchs eines artenreichen Mischbestandes verhindern.“

„In jedem Fall müssen wir auf Vielfalt setzen“, sagt der technische Leiter des Botanischen Gartens. Der personelle und finanzielle Aufwand für Neuanpflanzungen steige mit den Temperaturen. „Auch die Kapazitäten der Baumschulen reichen dafür schon jetzt kaum aus. Ein Sämling muss zehn Jahre intensiv gepflegt werden, bis er gepflanzt werden kann.“

### Die Zukunft des Wirtschaftsfaktors Wald

Ähnliche Anpassungsprobleme kommen auch auf die Forstwirtschaft zu. „Wie kann man den Wald als Wirtschaftsfaktor erhalten?“, fragt Annette Debel, Doktorandin bei Prof. Dr. Achim Bräuning vom Lehrstuhl für Physische Geografie der FAU. Die Geografin arbeitet im Rahmen des interdisziplinären Verbundprojektes BayTreeNet an der Erforschung der lokalen Auswirkungen von Großwetterlagen auf das Wachstum von forstwirtschaftlich relevanten Baumarten. Weitere Teilprojekte beschäftigen sich mit der Klimamodellierung und der Bildungsarbeit für eine nachhaltige Entwicklung.

Im Walderlebniszentrum Tennenlohe steht einer von elf „Talking Trees“, deren Stammdurchmesser und Saftfluss in Echtzeit gemessen und ins Internet gestellt werden. Schülerinnen und Schüler vergleichen die Werte mit dem aktuellen Wetter, übersetzen die Aussagen ihres „sprechenden Baumes“ in die Alltagssprache und sensibilisieren so Gleichaltrige für die Folgen der Erderwärmung. „Auf diese Weise können Kinder und Jugendliche hautnah erfahren, wie sich der Klimawandel auf eine Waldkiefer auswirkt, die quasi vor ihrer Haustür steht“, sagt Debel.

Die Daten sind nicht immer leicht zu deuten: Mit zunehmender Temperatur verdunstet mehr Wasser an den Spaltöffnungen der Blätter, was zu einem Unterdruck in den Leitungsbahnen des Splintholzes führt. Das wiederum verringert den Stammdurchmesser minimal und erhöht den Transport von Wasser und Nährsalzen Richtung Baumkrone. Das Wasser braucht der Baum für die Fotosynthese, die Energie und Baumaterialien für die Bildung neuer Holzzellen liefert. Die neuen Holzellen entstehen in der als Kambium bezeichneten Wachstumszone zwischen Rinde und Splintholz. Im Frühjahr werden dünnwandige Zellen gebildet, die den Wassertransport begünstigen, im Herbst dickwandige, welche dem Holz seine Stabilität verleihen. Um die Wachstumsprozesse innerhalb eines Jahresringes zeitlich besser differenzieren zu können, zieht Annette Debel mit dem Trephor, einem Werkzeug speziell für diesen Zweck, zwei bis drei Zentimeter lange und 1,5 Millimeter dicke Bohrerkerne aus der Wachstumszone von Versuchsbäumen, die in der Nähe des Walderlebniszentrums stehen.

### Das Ende für Fichte und Kiefer?

Seit 2020 beprobt sie von April bis Ende Oktober alle zwei Wochen fünf Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) und fünf Waldkiefern (*Pinus sylvestris*). Mitarbeiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft (LWF) und andere Helfer nehmen Proben an zehn weiteren bayerischen Standorten im Tief- und Hochland. In den höheren Lagen wurde dazu anstelle der Kiefer die Gemeine Fichte (*Picea abies*) ausgewählt.



## Gesunde Wachstumschancen für Ihr Geld

Sprechen Sie uns auf unsere nachhaltigen Anlagelösungen an

- Auch bei der Geldanlage gibt es Möglichkeiten, Renditechancen mit nachhaltigen Investments zu kombinieren
- Die Anlagen werden nach sozialen, ethischen und ökologischen Kriterien ausgewählt
- Damit setzen Sie auf eine zukunftsfähige Geldanlage
- Die individuelle Nachhaltigkeits- und Ethikvorstellung eines Anlegers kann von der Anlagepolitik abweichen

Lassen Sie sich in Ihrer VR Bank Metropolregion Nürnberg eG zu Chancen und Risiken beraten, zum Beispiel dem Risiko marktbedingter Kursschwankungen.

Aus Geld Zukunft machen



Ausführliche produktspezifische Informationen und Hinweise zu Chancen und Risiken des Fonds entnehmen Sie bitte dem aktuellen Verkaufsprospekt, den Anlagebedingungen, den wesentlichen Anlegerinformationen, sowie den Jahres- und Halbjahresberichten, die Sie kostenlos in deutscher Sprache bei Ihrer VR Bank Metropolregion Nürnberg eG oder über den Kundenservice der Union Investment Service Bank AG, Weißfrauenstraße 7, 60311 Frankfurt am Main, Telefon 069 58998-6060, [www.union-investment.de](http://www.union-investment.de), erhalten. Weitere Hinweise finden Sie online unter [www.union-investment.de/beschwerde](http://www.union-investment.de/beschwerde). Diese Dokumente bilden die allein verbindliche Grundlage für den Kauf des Fonds. Stand: 23. August 2021.





Anja Saalbach, technische Assistentin, setzt Sterilkulturpflanzen um (links). Im Gewebekulturraum inspiziert Prof. Dr. Uwe Sonnewald das Wachstum von Kartoffelpflanzen in Sterilkultur (rechts).

Fotos: Mathias Orgeldinger

## Weiß, grün, rot

Es gibt verschiedene Arten von Gentechnik: Als grüne Gentechnik wird die Anwendung gentechnischer Verfahren im Bereich der Pflanzenzüchtung bezeichnet. Mit roter Gentechnik werden die Anwendungen im medizinischen und pharmazeutischen Bereich umschrieben. Dabei bezieht sich die Farbangabe „rot“ auf das Blut des Menschen. Werden gentechnisch veränderte Mikroorganismen, Zellkulturen oder Enzyme für die industrielle Herstellung verschiedener Produkte wie Vitamine, Lebensmittel oder Biogas genutzt, wird von weißer Gentechnik gesprochen.

Die Mikroholzkernkerne aller elf Standorte werden im Institut für Geografie der FAU gesammelt. Nach ihrer Einbettung in Paraffin können Dünnschnitte angefertigt werden. Anschließend analysiert Annette Debel unter dem Lichtmikroskop drei Phasen: Zellvergrößerung, Verholzung und ausgereifte Zellen. Da die Wetterdaten aller elf Standorte bekannt sind, lassen sich zeitliche Parallelen zum Holzwachstum ziehen. „Ein Großteil der Holzzellen wird in zwei bis drei Monaten produziert, wobei vor allem das Frühholz mit den Witterungsbedingungen korreliert“, nennt Debel als vorläufiges Forschungsergebnis. Entscheidend sei nicht allein die Durchschnittstemperatur, sondern vor allem die Verfügbarkeit von Wasser in der Hauptwachstumsphase im Juni und Juli. „In den Tiefen wird die Fichte nicht mehr überleben, und selbst die Buche wird Probleme bekommen.“ Die Mikrokernelanalyse sei gut geeignet, um die kleinräumige Auswirkung des Klimawandels in Bayern zu verstehen. „Wir untersuchen den Ist-Zustand, damit wir prognostizieren können, wie sich bestimmte Großwetterlagen in verschiedenen Gegenden Bayerns auf das Holzwachstum auswirken.“ Um das gesamte Waldökosystem zu verstehen, sei freilich noch sehr viel mehr Forschung nötig.

### Ist Gentechnik die Lösung?

Während die Erforschung der Ökosysteme noch in den Kinderschuhen steckt, bietet die grüne Gentechnik bereits Lösungen für die Anpassung von Nutzpflanzen an den Klimawandel. Doch der Anbau transgener Pflanzen ist in Deutschland verboten.

Zwar schützen wir uns mit hochwirksamen mRNA-Impfstoffen (rote Gentechnik) und sehen darüber hinweg, dass genetisch veränderte Mikroorganismen (weiße Gentechnik) Enzyme für die Lebensmittel- und Waschmittelindustrie sowie Hormone wie Insulin herstellen. Doch unsere Nahrung soll ohne Gentechnik erzeugt werden. Warum eigentlich? Der Mensch verändert Pflanzen schon seit mindestens 10.000 Jahren durch immer effizientere Züchtungen (siehe Kasten). Das Genom der Braugerste wurde so lange radioaktiv bestrahlt, bis sich zufällig eine Mutation einstellte, die die Pflanze gegen den Mehltau-Pilz resistent machte. Auch die Gentechnik erzeugt Mutationen, nur eben sehr viel schneller und zielgerichteter. „Wenn ich etwas verändere, muss ich nachweisen, dass ich bei Mensch und Umwelt keinen Schaden anrichte, unabhängig von der Technik“, sagt Prof. Dr. Uwe Sonnewald vom Lehrstuhl für Biochemie der FAU, der seit Jahrzehnten im Bereich der Pflanzenzüchtung forscht. Entscheidend sei das Endprodukt. „Es gibt keinen einzigen Fall, bei dem sich eine gentechnisch veränderte Pflanze irgendwo auf der Welt in der freien Natur durchgesetzt hätte.“ Um den globalen Nahrungsmittelbedarf 2050 zu decken, müssten die Erträge von Mais, Reis, Weizen und Sojabohne pro Jahr um 2,4 Prozent steigen, sagt Sonnewald. Davon seien wir noch weit entfernt. „Wir müssen die Nahrungsproduktion erhöhen, entweder durch mehr Dünger, mehr

Chemie, mehr Flächenverbrauch oder eben durch die Gentechnik.“ Nicht zuletzt deswegen, weil der Klimawandel vielerorts zu massiven Ertragsrückgängen führen könne.

Nehmen wir die Kartoffel als Beispiel. Sie pflanzt sich geschlechtlich über Samen und ungeschlechtlich über Knollen fort. In ihrer natürlichen Umgebung, den Hochlagen der Anden, bezieht die Kartoffel die Information zur Blütenbildung durch die Messung der Tageslänge und der Temperatur. „Lange Tage und hohe Temperaturen begünstigen die Blüte im Sommer, wohingegen kurze Tage und sinkende Temperaturen die Knollenbildung im Herbst fördern“, erklärt Uwe Sonnewald. Die in Europa angebauten Kartoffelsorten haben diese Tageslängenabhängigkeit verloren und sind an das bisher vorherrschende Klima angepasst: Sie blühen im Sommer und beginnen kurz danach mit der Anlage von Knollen. Bisher nahm die Umgebungstemperatur in Europa nur wenig Einfluss auf die Knollenbildung. Wenn sie nun aber in Deutschland längere Zeit über 28 Grad Celsius liegt, investiert die Pflanze in die sexuelle Fortpflanzung und unterdrückt die Knollenbildung, sodass die Ernte geringer ausfällt.

### Hitzebeständige Kartoffeln

Für die Knollenproduktion ist das Protein SP6A verantwortlich. Registriert die Pflanze anhaltende Hitze, erzeugt sie eine RNA, die die Bildung von SP6A hemmt. An diesem Mechanismus setzt die Arbeitsgruppe von Uwe Sonnewald an. „Wir haben die Pflanzen mit einem ‚Fängermolekül‘ ausgestattet, die die kleine regulatorische RNA abfängt und damit SP6A vor dem Abbau schützt.“ Prototypen dieser hitzebeständigen Kartoffel wachsen bereits im Gewächshaus des Instituts – als menschengemachte Antwort auf den menschengemachten Klimawandel.

2022 folgt ein Feldversuch in den USA. „Wenn sich die Gesetzeslage in Europa ändert, könnten die hitzebeständigen Kartoffeln nach strenger Prüfung um 2030 auf den europäischen Markt kommen“, sagt Sonnewald. „Wir betreiben Grundlagenforschung und bieten der Gesellschaft Optionen an, die genutzt werden oder eben nicht.“

Da die rasant voranschreitende Klimaänderung die Anpassung vieler Nutzpflanzen erforderlich macht, wird die Geschwindigkeit herkömmlicher Zuchtmethoden vermutlich nicht mehr ausreichen. Die grüne Gentechnik könnte Abhilfe schaffen. „Es ist ethisch unvermeidbar und im höchsten Maße riskant für die Lebensmittelversorgung nachfolgender Generationen, die grüne Gentechnik aus ideologischen Gründen zu verweigern“, betont Sonnewald.

■ Mathias Orgeldinger

Foto: Book Worm/Alamy Stock Photo

## Von der Wild- zur Nutzpflanze

Seit mindestens 10.000 Jahren züchtet der Mensch Pflanzen nach seinen Bedürfnissen. Das Genom der Nutzpflanzen veränderte sich jedoch nur sehr langsam, da die Auslese ohne Kenntnis der genetischen Mechanismen geschah. Das änderte sich erst mit der Entdeckung der Vererbungsregeln durch den Augustinermonch Gregor Johann Mendel (1822-1884). Sie wurden im Jahr 1900 von der Wissenschaft anerkannt und für die Kreuzungszüchtung genutzt.



In der Folge entwickelten sich die Zuchtmethoden stets mit dem wissenschaftlichen Fortschritt. Die Pflanzenzüchtung wurde dabei zunehmend von Spezialisten übernommen, erklärt FAU-Experte Uwe Sonnewald. Weitere Stationen waren die Hybridzüchtung (1920er-Jahre), die Mutationszüchtung (1930) und die Züchtung durch Zellfusion (1960). Alle Genomveränderungen geschahen ungezielt, betont Sonnewald. Die genetische Fixierung der Auslese blieb weiterhin dem Zufall überlassen, der gewünschte Erfolg stellte sich erst nach vielen Rückkreuzungen und Pflanzengenerationen ein.

Mit dem Einsatz der grünen Gentechnik Anfang der 1990er-Jahre konnte das Genom erstmals gezielt verändert werden. Weitere Meilensteine waren die markergestützte Züchtung (2000) und die genomische Selektion (2010). Mit der Genom-Editierung (2012), die eine schnelle und zielgenaue Einführung von Mutationen erlaubt, besitzen die Pflanzenzüchter nun ein Werkzeug, das die Herstellung neuer Pflanzensorten in vergleichsweise kurzer Zeit ermöglicht.

Noch ist die Gentechnik heftig umstritten. Man sollte jedoch bedenken, dass die durch klassische Züchtung erzeugten Kulturpflanzen keineswegs „natürlich“ entstanden sind. Die Stammform von Kulturmais ist das Teosinte-Gras. Im Laufe von über 9000 Jahren Domestikation bekam es einen massiven Stängel, seine luftigen Ähren wurden zu bruchfesten Kolben mit mehrreihig angeordneten Körnern, die fest am Kolben haften. Wild- und Kulturform unterscheiden sich stark. Die ältesten archäologisch nachweisbaren Kolben waren nicht länger als zwei Zentimeter. Heute erreichen sie über 20 Zentimeter.



# Der Letzte räumt die Erde auf

Weltweit türmt sich der Müll, in den Ozeanen bilden sich ganze Inseln aus Abfällen. Wie können wir mit diesem Problem umgehen?  
Die FAU forscht an mehreren Fronten, um der Müllberge Herr zu werden.

der Umwelt von zwölf Milliarden Tonnen voraus. Nicht nur die Politik versucht das Problem, das längst ein globales ist, in den Griff zu bekommen. Auch die Forschung sucht nach Wegen, wie man Müll nachhaltig beseitigen beziehungsweise nutzen kann. „Unser Thema ist sauberes Wasser, welches nach einer UN-Resolution aus dem Jahr 2010 ein verbrieftes Menschenrecht ist., jedoch nach wie vor nicht realisiert ist – insbesondere global,“ erklärt Prof. Dr. Marcus Halik vom Department Werkstoffwissenschaften. Zusammen mit seinem Team hat Halik in den vergangenen Jahren an der FAU erforscht, wie man mit smartem Rost Plastik aus Wasser entfernen kann. Dazu haben die Forscher/-innen neue Materialien und ein darauf basierendes Konzept entwickelt, das es ermöglicht, höchst problematische Wasserkontaminationen effizient durch spezielle Nanopartikel magnetisch einzufangen. Die entwickelten Nanopartikel binden Verunreinigungen und lassen sich zusammen mit diesen einfach magnetisch einsammeln. „Die Materialien sind preiswert, ungiftig, recycelbar, in großen Mengen herstellbar und erlauben so die Entfernung von Verunreinigungen in allen relevanten Konzentrationsbereichen, von der Öl-Havarie bis zu kleinsten Glyphosat-Verunreinigungen“, sagt Halik.

## Mit Müll Energie gewinnen

Wissenschaftlich bewährt habe sich der smarte Rost bereits bei der Entfernung von Nano- und Mikroplastik, von flüssigen Kohlenwasserstoffen wie Benzol oder Erdöl, von Unkrautbekämpfungsmitteln oder giftigen Chlorverbindungen aus Flüssen, Seen oder dem Meer. „Derzeit entwickeln wir die Übertragung des Konzeptes auf Verunreinigungen wie Hormone oder Medikamentenrückstände sowie die sogenannten PFAs“, erklärt der Werkstoffwissenschaftler. Die PFAs, polyfluorierte Alkylsubstanzen, sind eine große Gruppe chemischer Verbindungen, die in Schmier- und Imprägniermitteln eingesetzt werden und sehr häufig vorkommen. Wie aussichtsreich Haliks Forschungsprojekte sind, zeigt sich auch daran, dass sie durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft sowie die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert werden.

Ein weiterer Ansatz, um das Problem in den Griff zu bekommen, nennt sich „Waste-to-energy“, die umweltfreundliche energetische Ausnutzung des Mülls. Aus Abfall Energie zu gewinnen, ist heute in Müllverbrennungs- und Biogasanlagen

## W

ir trennen unseren Hausmüll, ziehen Pfand- den Einwegflaschen vor und vermeiden Plastikverpackungen. Auch wenn bei vielen Menschen bereits ein Umdenken stattgefunden hat, wird nach wie vor zu viel Abfall produziert und zu wenig recycelt – mit fatalen Folgen für Mensch und Umwelt. Laut Umweltbundesamt sind allein hierzulande im Jahr 2018 pro Kopf 230 Kilogramm Verpackungsmüll angefallen, davon etwa 40 Kilogramm Kunststoffe. Vermeintlich zur Weiterverwertung und Aufbereitung wird Plastikmüll exportiert – nicht selten in Länder mit kaum existierenden Umweltstandards – und landet tonnenweise in den Weltmeeren. Bis heute wurden mehr als 8,3 Milliarden Tonnen Plastik hergestellt, von denen ein Großteil nie recycelt wurde und auch in Zukunft nicht wird. Prognosen sagen bis zum Jahr 2050 ein akkumuliertes Plastikmüllvolumen in

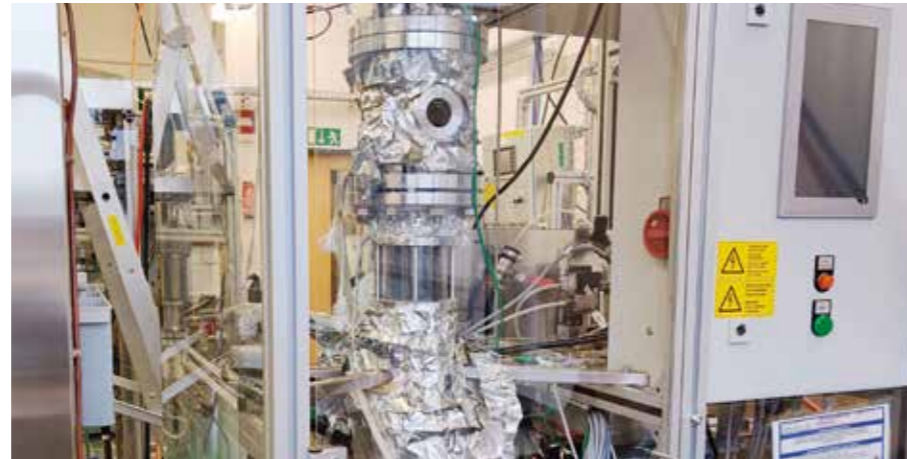


Standard. Dem Müll kommt somit in Deutschland und anderen Ländern mit entwickelter Abfallwirtschaft eine große Bedeutung bei der Strom-, Wärme- und Prozessenergieversorgung zu. Die europäische Abfallrahmenrichtlinie stuft diese energetische Verwertung von Abfällen in ihrer Abfallhierarchie auf Platz vier ein, hinter der Vermeidung von Abfall, der Vorbereitung zur Wiederverwendung und dem Recycling. Ein Großteil des Mülls wird verbrannt. Gerade bei regenerativen Rohstoffen aus Biomasse ist dies aber nur der allerletzte Schritt. Zunehmend wird das Prinzip der Kaskadennutzung verfolgt, bei der die Biomasse so lange und so oft wie möglich zunächst stofflich verwertet werden soll. Gerade in dezentralen Prozessen kann die energetische Verwertung auch mittels nicht-thermischer Technologien erfolgen.

### Müll kann auch wertvoll sein

Prof. Katharina Herkendell forscht am Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik zur sogenannten Bioelektrokatalyse. Dabei geht es um die emissionsarme energetische Restnutzung von Abfallstoffen mittels enzymatischer und mikrobieller Katalyse in elektrochemischen Zellen: Biologische Materialien werden also als Katalysatoren bei elektrochemischen Prozessen eingesetzt. „In Biobrennstoffzellen gewinnen wir beispielsweise grünen Strom aus der Oxidation von organischen Verbindungen, wie sie in regulären Haushaltsabfällen, in Biofluiden oder in Abwässern vorhanden sind. Das nennt sich auch Waste-to-energy“, erläutert die Wissenschaftlerin. Des Weiteren kann man auch bioelektrochemisches „Power-to-X“ praktizieren, also den erzeugten erneuerbaren Überschussstrom aus Solar- oder Windkraft in eine Elektrosynthese pumpen, bei der die Elektronen beispielsweise Restströme von Kohlenstoffdioxid energetisch aufwerten. Hier kann mit den richtigen Biokatalysatorsystemen eine Wertstoffsynthese etwa von Biomethan, -methanol oder anderen E-Fuels betrieben werden. Hauptziel sei immer die maximale Nutzung von Energieträgern in möglichst geschlossenen Stoffkreisläufen, also der Beitrag zu einer zirkulären Bioökonomie, so Herkendell, denn: „Unser Müll ist immer noch wertvoll.“ Hier steht die Forschung zur Verwertung in enzymatischen Systemen noch ganz am Anfang.

Bislang wurden die enzymatischen Biobrennstoffzellen vor allem in der Medizintechnik verwendet, wo sie eine Fülle von Anwendungen finden. Als praktikabler und etablierter für die energetische Nutzung von Reststoffen gelten die mikrobiellen Systeme in Biogasanlagen und Klärwerken, wo elektrochemische Elemente in Pilotstudien bereits erfolgreich implementiert werden. „Generell ist das Forschungsfeld noch recht jung, es fehlt an langzeitstabilen und skalierbaren Systemen sowie



Mit Bioelektrokatalysatoren wie diesem Prototyp am Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik können Abfallstoffe mittels enzymatischer und mikrobieller Katalyse restverwertet werden.

### Grünere Batterien

Innerhalb des vom BMBF geförderten Projektes „IDcycLIB“ untersucht ein Forschungsteam von der Professur für Anorganische Chemie, wie Batterien leichter recycelt werden können: Aufgebrachte Marker aus magnetischen Nanobausteinen sollen ermöglichen, die groben Batteriebestandteile sortenrein aufzutrennen.

an techno-ökonomischen Studien. Zur Rentabilität dieser Energiesysteme kann man bisher also keine allgemeingültigen Aussagen treffen. Langfristig haben die Kombi-Systeme aus erneuerbaren Katalysatormaterialien und grünem Strom bestechende Vorteile in der dezentralen Energieverfahrenstechnik“, erklärt Herkendell.

### Wenn Enzyme Müll fressen

Auch am Lehrstuhl für Bioverfahrenstechnik (BVT) werden Enzyme eingesetzt, um Müll zu zersetzen, genauer gesagt, Kunststoffe wie Polyethylenterephthalat (PET). Damit assoziieren wir in erster Linie Plastikflaschen. Doch PET macht auch in kleinsten Stückelungen Probleme und bedroht die Umwelt. Die Ablagerung von Makro- und Mikroplastik ist nicht nur in den Gewässern gefährlich, sondern in der gesamten Natur. Die meisten Kunststoffe sind höchst langlebig und können daher nicht in einer definierbaren Zeitspanne abgebaut werden. „Um Akkumulation von Kunststoffabfällen in der Natur entgegenzuwirken und um Ressourcen zur Erzeugung neuer Kunststoffmaterialien zu sparen, ist vermehrtes Recycling oder idealerweise der vollständige Abbau von Kunststoffen notwendig“, erklärt Stefanie Fritzsche, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Department Chemie- und Bioingenieurwesen (CBI). Es gibt Enzyme in verschiedenen Mikroorganismen, die grundsätzlich in der Lage sind, Polymere wie das PET zu spalten. Die natürliche Funktion dieser Enzyme besteht darin, die wachsartige Schutzschicht bestimmter Pflanzen anzugreifen. „Als bisher nachteilig erwies sich jedoch, dass die Reaktionsgeschwindigkeiten der natürlichen Enzyme mit dem nicht-natürlichen PET vergleichsweise niedrig sind, und so der Abbau sehr lange dauert, kein vollständiger Abbau möglich oder der Einsatz von großen Enzymmengen notwendig ist, wodurch die Prozesse im großtechnischen Maßstab unwirtschaftlich werden. Daher liegt der Schwerpunkt unserer Forschung darin, die Aktivität sowie Stabilität dieser Enzyme

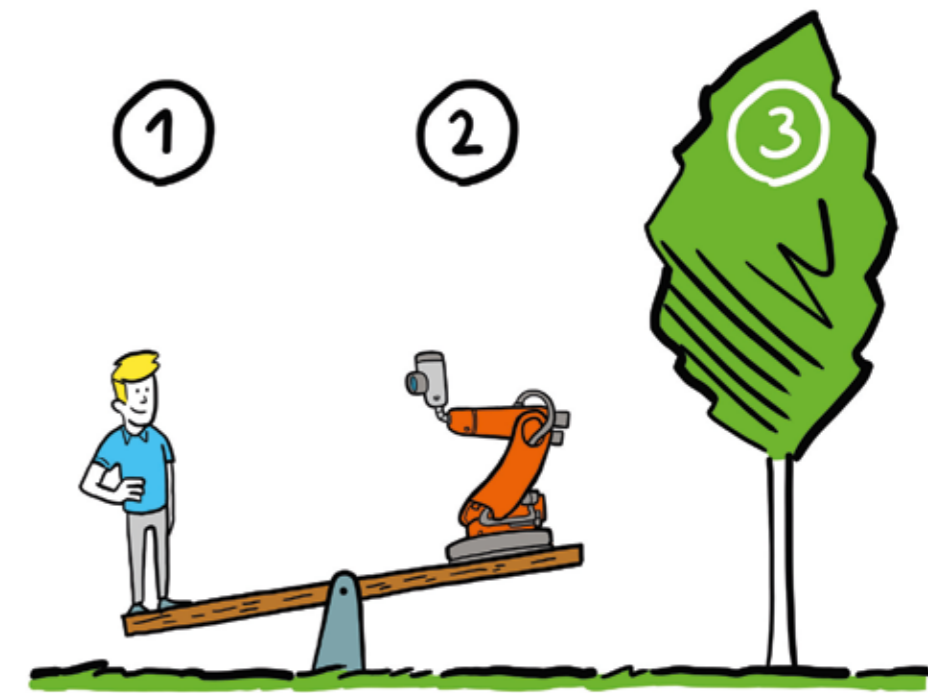
Foto: Katharina Herkendell

durch das sogenannte Protein Engineering zu verbessern“, erklärt die Wissenschaftlerin.

Beim Protein-Engineering wird die für die Enzyme codierende DNA verändert, um deren gewünschte Eigenschaften so zu optimieren, dass große Mengen von Kunststoffen innerhalb kürzester Zeitspannen abgebaut werden können. Das ist zukunftsweisend für die Abfallwirtschaft: Ein französisches Unternehmen konnte bereits zeigen, dass auch die großtechnische Anwendung dieser Recyclingstrategie möglich ist. „Am Lehrstuhl für Bioverfahrenstechnik mit seiner interdisziplinären Ausrichtung und seinem vollständig ausgestatteten molekularbiologischen Labor lässt sich die Grundlagenforschung des Protein-Engineering auf molekularbiologischer Basis mit der tatsächlichen biotechnologischen Umsetzung kombinieren“, sagt Fritzsche, deren erste Forschungsprojektphase durch die Alfred-Kärcher-Förderstiftung unterstützt wurde.

### Der Wille zur Veränderung

Doch kann die Wissenschaft trotz noch so großzügiger und gezielter Fördermittel des Müllproblems jemals Herr werden? Für Professor Halik steht fest: „Wir können mit unserer Methode einen Beitrag hierzu leisten – insbesondere zur Reduktion von Neverschmutzungen durch das Entfernen von Schadstoffen aus dem Wasser. Natürlich ist kein technisches Verfahren geeignet, die gesamten 1,4 Milliarden Kubikkilometer Wasser auf der Erde von Mikro- und Nanoplastik oder anderen Schadstoffen zu reinigen. Jedoch bietet die technische Umsetzung der magnetischen Wasserreinigung die Möglichkeit, die zukünftige Schadstoffzufuhr, die im Wesentlichen über Flüsse erfolgt, zu minimieren.“ Letztendlich, so glaubt Marcus Halik, könne im globalen Kontext nur ein Paradigmenwechsel zum Erfolg führen, wenn es um die Bekämpfung von Müll geht: „Allein die Verwendung des Wortes ‚Müll‘ impliziert schon unser Eingeständnis des Scheiterns, denn es gibt de facto keinen Müll. Alle verbrauchten Dinge entstammen natürlichen Ressourcen und sind somit umgewandelte Wertstoffe – das gilt selbst für CO<sub>2</sub>. Ressourcenneutrales Wirtschaften und Leben durch vollständige Ma-



...ALL TOGETHER NOW...

Du hast Lust, uns als

# Werkstudent

m/w/d

in einem der Bereiche

- > Automatisierung I Robotik
- > Datenanalyse / KI
- > Dynamische Frontends
- > Human Interfaces

zu unterstützen?

Dann schau einfach mal rein:

[tff.mangelberger.com](http://tff.mangelberger.com)

GEMEINSAM FÜR EINE  
NACHHALTIGE ZUKUNFT.

mangelberger

| Corporate Technology



terialkreisläufe und energieeffiziente Prozesse scheinen die einzigen Modelle zu sein, um wirklich nachhaltig zu leben.“

Wissenschaftlerin Herkendell sieht vor allem die Verbraucher/-innen als Wähler/-innen in der Pflicht: „Vielen Menschen dämmert es, dass uns einige unbequeme Umstellungen bevorstehen, was nachhaltigen Konsum angeht. Die Thematik bekommt mehr und mehr Aufmerksamkeit. Wir müssen, wo es geht, in Forschung investieren, die langfristige wirtschaftlich attraktive Alternativen zur heutigen Müllproduktion und -verwertung bietet.“

Dass es mittlerweile viele Forschungsgruppen gibt, die sich mit diesem Thema beschäftigen und dabei an ganz verschiedenen Punkten angreifen, ist für Stefanie Fritzsche entscheidend: „Während manche Forschungsansätze darauf setzen, die Entstehung von Müll zu vermeiden,

indem etwa neuartige Materialien oder Prozesse entwickelt werden, versuchen andere Forschungsgruppen wie wir, bereits entstandenen Müll effizient abzubauen. Obwohl das Müllproblem momentan noch unlösbar scheint, denke ich daher, dass die Problematik durch ein bewussteres Verhalten der Menschheit sowie insbesondere wissenschaftlichen Fortschritt in der Zukunft eingedämmt werden kann.“

■ **Susanne Stemmler**



Der Auszubildende Luca Drees bereitet die abgelaufenen Tabletten vor, um daraus Wirkstoffe zurückzugewinnen.

## Ein Leben nach dem Verfallsdatum

Die alte Medikamentenpackung hinten im Badezimmer-Schrank ist eine alte Bekannte. Und meistens ist sie alt genug, um in den Müll zu wandern. In Deutschland werden jährlich 30.000 Tonnen Medikamente verkauft. Genaue Daten darüber, wie viele davon entsorgt werden, liegen nicht vor; Expertinnen und Experten gehen aber von 120 Gramm pro Einwohner und Jahr aus. Doch wenn es an die Entsorgung geht – wohin damit? Einfach runterspülen, wie es manche Deutschen gelegentlich tun?

Auf keinen Fall! Arzneimittel sollten niemals über Wasserwege entsorgt werden. So gelangen ihre Wirkstoffe ins Grund- und Trinkwasser und belasten zudem die Landwirtschaft, Umwelt, Pflanzen und Tiere. Vor allem bei Fischen konnten Veränderungen festgestellt werden, die auf die hohe Konzentration von Medikamentenrückständen im Wasser zurückzuführen waren.

Dafür, wie die Entsorgung am besten ablaufen sollte, gibt es keine feste Regel. Je nachdem, in welchem Bundesland oder Bezirk Medikamente entsorgt werden sollen, stehen verschiedene Alternativen zur Wahl. Über den Hausmüll ist eine gute Möglichkeit, da Medikamente als normaler Siedlungsabfall gelten. Dieser wird verbrannt, und es gelangen keine Rückstände in die Umwelt. Auch bei Recyclinghöfen, Schadstoffmobilen oder Apotheken können Arzneimittel abgegeben werden.

Aber nicht jedes abgelaufene Medikament ist automatisch nutzlos: Prof. Dr. Markus Heinrich vom Lehrstuhl für Pharmazeutische Chemie der FAU und sein Team brauchen für ihre Forschung oft Wirkstoffe, die sehr teuer sein können, wenn sie über den Chemikalienhandel eingekauft werden.

Warum also nicht einen Weg finden, der nachhaltig ist und Geld spart?

Professor Heinrich und sein Team haben deshalb ein Projekt ins Leben gerufen, bei dem sie Altarzneimittel sammeln und deren Wirkstoffe für Forschungszwecke verwenden. Ursprünglich holten sie Medikamente, die sonst entsorgt worden wären, bei wenigen Erlanger Apotheken ab. Mittlerweile sammeln sie landkreisübergreifend – in einem Einzugsgebiet von über 300.000 Menschen. Die Wissenschaftler/-innen um Professor Heinrich arbeiten daran, die Hilfsstoffe von den Medikamenten abzutrennen und die zurückgewonnenen Wirkstoffe für die Forschung zu verwenden, zum Beispiel für die Entwicklung von Arzneistoffen mit weniger Nebenwirkungen. „Alles, was wir in Erlangen und im Landkreis Erlangen-Höchstadt gesammelt haben und nicht für unsere Forschung verwerten können, wird vom Zweckverband Abfallwirtschaft wieder dem normalen Entsorgungsweg zugeführt. Über dieses Entgegenkommen der Stadt und des Landkreises freuen wir uns sehr“, sagt Heinrich.

Demnächst wollen die Forscher/-innen ihr Projekt deutschlandweit ausdehnen und anderen Universitäten und Unikliniken die zurückgewonnenen Wirkstoffe zur Verfügung stellen, um so nachhaltigere Forschung zu unterstützen. Aber auch in der Industrie hat das Projekt Zukunft: Dort entstehen nämlich manchmal fehlerhafte Medikamente. Durch Prof. Heinrichs Projekt könnte zukünftig vermieden werden, dass ganze Chargen von Arzneimitteln vernichtet werden müssen und wertvolle Wirkstoffe verloren gehen.

■ **Deborah Pirchner**

Foto: Leon Zähnlé

# FAU

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg



# my FAU is my castle

→ **Meine FAU. Mein Netzwerk.**

Jetzt kostenfrei anmelden!  
[alumni.fau.de](http://alumni.fau.de)





# WINDSTILLE

Das Ziel ist klar, die Energiewende beschlossene Sache. Doch die großen Sprünge sind bisher ausgeblieben. Wie kann die Energiewende noch Fahrt aufnehmen?

# D

as Ziel, das die Bundesregierung mit der Energiewende verfolgt, ist klar: Die Energieversorgung soll auf erneuerbare Energien umgestellt und der Primärenergieverbrauch bis 2050 halbiert werden. Fossile Energieträger wie Erdöl, Erdgas, Kohle sowie die Kernenergie sollen zugunsten von erneuerbaren Energien, also Solar- und Windenergie, Wasserkraft, Biomasse und Erdwärme, weichen. Der Weg dorthin ist weit weniger klar. Der Infrastrukturausbau in Deutschland geht nur langsam voran. Die Menschen hierzulande vom Großprojekt Energiewende zu überzeugen, ist mitunter nicht einfach. Bürger/-innen machen gegen Windräder und Stromtrassen mobil. Genauso intensiv wird über die Frage einer sinnvollen staatlichen Förderung gestritten. Bleibt die Frage: Wie kann die Energiewende sinnvoll gestaltet werden?

Prof. Dr. Mario Liebensteiner von der Professur für Energiemärkte und Energiesystemanalyse sieht mit Blick auf das bisherige Voranschreiten der Energiewende vor allem eines: ein Politikversagen. Sein Resümee über die staatlichen Förderungen zur Senkung von CO<sub>2</sub>-Emissionen: „Deutschland hat die höchsten Pro-Kopf-Förderungen für erneuerbare Energien in der EU und wahrscheinlich sogar weltweit. Dennoch sind die Emissionen bislang nur moderat gesunken. Der finanzielle Aufwand steht in keinem Verhältnis zum Ertrag, und die Förderungen verfehlen ihre Ziele.“ Der Energiemarktexperte plädiert dafür, die Wirkungsweise von Förderungen und Subventionen zu hinterfragen und mehr auf die tatsächliche Effektivität von solchen Maßnahmen zu blicken. Ihm fehlt eine echte Kosten-Nutzen-Debatte.

Einer seiner Kritikpunkte: Bei der direkten Förderung von erneuerbaren Energien werde im Stromangebot zunächst die teuerste herkömmliche Energieform verdrängt und erst ganz am Ende die billigste. „Das führt zum unerwünschten Effekt, dass zuerst das im Vergleich noch sehr saubere Gas vom Markt verschwindet und die sehr schmutzige Braunkohle erst als Letztes.“ Hinzu kommt für den FAU-Wissenschaftler: „Wenn wir die erneuerbaren Energien direkt subventionieren, verzerren wir die Strompreise und verhindern Investitionen in andere Energien, beispielsweise in Stromspeicher.“

## Ein Plädoyer für die CO<sub>2</sub>-Steuer

Den direkten Zusammenhang zeigt Mario Liebensteiner in einem aktuellen Forschungsprojekt auf: „Durch die Förderung von erneuerbaren Energien werden Investitionen in Stromspeicher unrentabler. Diese Technologie brauchen wir

aber ebenfalls, um aus den fossilen Energien auszusteuern. Schließlich muss die Energie irgendwo gespeichert werden, um sie nutzen zu können, wenn die Sonne nicht scheint oder der Wind nicht weht.“

Ein weiteres mit der direkten Förderung verbundenes Problem sieht Liebensteiner im sogenannten „Winner-Peaking“ von Technologien: „Politikerinnen und Politiker, die nicht vollumfänglich auf dem neuesten Stand der Forschung sind und natürlich auch nicht in die Zukunft blicken können, definieren jetzt Gewinnertechnologien wie die Solar- oder die Windenergie. Sie wissen aber gar nicht, ob das tatsächlich die Technologien der Zukunft sind.“ Zudem sind die meisten Ansätze in seinen Augen inkonsistent: „Es ist überhaupt nicht klar, welche Höhe der Förderung wirklich sinnvoll wäre.“ Deshalb sind für den FAU-Wissenschaftler Subventionen und andere Förderungen nur erforderlich, so lange sich eine Technologie noch in der Entwicklung befindet und noch nicht marktreif ist.

Sein Plädoyer: Man sollte viel stärker auf markt-basierte Instrumente wie die CO<sub>2</sub>-Steuer oder den CO<sub>2</sub>-Preis setzen. „Ein international koordinierter CO<sub>2</sub>-Preis als Hauptinstrument einer effektiven Klimapolitik wird von uns Ökonomen bereits seit Langem unisono vorgeschlagen, aber von der Politik seit Jahrzehnten ignoriert“, gibt Mario Liebensteiner zu bedenken. Die Vorteile liegen für ihn aber auf der Hand: „Einem Unternehmen steht es grundsätzlich frei, auf fossile Energien zu setzen und dafür mehr zu zahlen. Aber die Praxis wird zeigen, dass sie versuchen werden, ihre Produktion umzustellen. Denn auch die Nachfrage wird reagieren. Die Mehrheit wird Produkte kaufen, die günstiger, weil weniger CO<sub>2</sub>-intensiv sind.“

## Ist die Energiewende nur Symbolpolitik?

Auch das Argument, ein solcher CO<sub>2</sub>-Preis sei sozial ungerecht, will der Energiemarkt-Experte nicht gelten lassen: „Die ökonomische Theorie deutet darauf hin, dass eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung wahrscheinlich am kosteneffektivsten ist. Zugleich ist es das Mittel, das man in der Realpolitik am einfachsten rückführen kann an die Menschen, die vielleicht zu sehr benachteiligt würden – einkommensschwache Haushalte in der Peripherie, die nicht an den ÖPNV angebunden sind

## Das Projekt „Blick in die Zukunft“ (BLIZ)

BLIZ ist ein wissenschaftliches Projekt, das aus sechs miteinander verknüpften Teilvorhaben besteht. Wissenschaftler/-innen der Technischen Universität München, der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, der Universität Regensburg und der FAU arbeiten im Rahmen von BLIZ eng zusammen, um Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft, Landnutzung, Ökosystemleistungen und Biodiversität in Bayern unter dem Einfluss des Klimawandels bis 2100 besser zu verstehen.

Foto: Uwe Niklas



oder sich schwertun, auf alternative Heizformen umzusteigen.“ Andere Teile dieser Steuereinnahmen könne man in zusätzliche klimapolitische Maßnahmen sowie in Forschung und Entwicklung investieren: „Auf diese Weise könnten wir in Zukunft vielleicht noch andere Technologien voranbringen, die wir bis dato noch gar nicht kennen.“

Mario Liebensteiner kritisiert zudem, dass mit der Energiewende sehr oft nur Symbolpolitik einhergeht: „Nehmen wir das Gedankenspiel, Inlandsflüge zu verbieten: Insgesamt machen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Inlandsflügen lediglich 0,8 Prozent der deutschen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus. Außerdem würden sich die Beförderung und damit die Emissionen verlagern, sodass am Ende noch weniger als die 0,8 Prozent eingespart würden.“ In den Augen des Ökonomen ist darüber hinaus eine Klimapolitik nötig, die von der breiten Gesellschaft getragen wird: „Rigorose Maßnahmen wie das Dieselfahrverbot sorgen für viel Verdross bei den Bürgerinnen und Bürgern. Wir müssen darauf achten, dass sie die Energiewende mittragen.“

Wie das erreicht werden kann, damit befasst sich auch Dr. Thorsten Winkelmann. Der Politologe vom Institut für Politische Wissenschaft sieht in den Widerständen gegen Windkraftanlagen oder Stromtrassen mehr als reine „Not in my backyard“-Proteste: „Die Bürgerinnen und Bürger, die mobil machen, verweigern nicht einfach bloß die Energiewende, sondern sie haben konkrete Anliegen.“ Sein Befund: Die Interessen reichen dabei vom Umwelt- und Naturschutz über den Landschafts- und Heimatschutz bis hin zu ökonomischen Gründen.

„Wir erleben einen Konflikt mit Tierschützerinnen und Tierschützern, die beklagen, dass die Rotorblätter der Windräder Fledermäuse oder bedrohte Vogelarten töten“, sagt Thorsten Winkelmann, der sich insbesondere mit Infrastrukturpolitik befasst: „Die Windkraftanlagen oder Stromtrassen werden vor Ort in den Kommunen als Beeinträchtigung gesehen, die das Landschaftsbild und die Idylle zerstören. Gerade touristische Gegenden befürchten dadurch zudem wirtschaftliche Schäden.“ Außerdem komme es zu sozialen Verwerfungen: „Während Landeigentümerinnen und -eigentümer, die Flächen zur Verfügung stellen, durch hohe Pachteinahmen wirtschaftlich profitieren, hat das direkte Umfeld die Beeinträchtigungen zu tragen.“

### Kommunen müssen von Energiewende profitieren

Diese Infrastrukturkonflikte sind für Thorsten Winkelmann eine Dilemma-Situation: „Normalerweise läuft es in demokratischen Entscheidungsprozessen immer auf eine Sowohl-als-auch-Lösung hinaus. Das ist hier aber nicht möglich. Schlussendlich muss in der Frage, ob eine Stromtrasse, eine Windkraftanlage gebaut wird oder nicht, eine Entweder-oder-Lösung her.“ Hinzu kommen nicht beabsichtigte, aber zu berücksichtigende Folgeprobleme: „In Bayern wurde bereits vor geraumer Zeit die 10-H-Regelung etabliert. Diese schreibt vor, dass ein Windrad einen Mindestabstand vom Zehnfachen seiner Höhe zur nächsten Wohnbebauung einhalten muss. Die Konsequenz ist, dass der Windkraftausbau in Bayern fast vollständig zum Erliegen gekommen ist. Werden, statt Stromtrassen zu bauen, Erdkabel verlegt, machen Landwirtinnen und Landwirte mobil, die sich über die Erwärmung des Bodens beklagen.“

Anstelle des bisherigen Versuchs, durch Beteiligungsformate Akzeptanz zu schaffen, plädiert Winkelmann für sehr weit gefasste Kompensationen: „Ein wirkungsvoller Ansatz ist sicherlich, nicht nur einen monetären und individuellen Ausgleich zu schaffen, sondern auch einen immateriellen und kollektiven. Die betroffenen Anrainerkommunen müssen profitieren – etwa indem sie direkt mit schnellem Internet versorgt werden, wenn der Boden ohnehin für das Verlegen eines Erdkabels aufgerissen wird.“

Das Maßnahmenbündel zur Bewältigung der Energiewende umfasst zudem die Frage, wie ländliche Räume zukünftig bestmöglich gleichermaßen für die Agrarproduktion und für die Gewinnung erneuerbarer Energien genutzt werden können. An dieser Herausforderung forscht Prof. Dr. Perdita Pohle im Rahmen des wissenschaftlichen Verbundprojekts „Blick in die Zukunft“, kurz: BLIZ. „Der Anspruch an ländliche Räume ist vielfältig und die Konkurrenz um die Flächen groß“, betont die Inhaberin des Lehrstuhls für Kulturgeografie und Entwicklungsforschung. Diese Flächen sind Hauptproduktionsräume von Nahrungs- und Futtermitteln, Holz und Energie. Sie besitzen wichtige ökologische Funktionen und leisten einen wesentlichen Beitrag zum Umwelt-, Natur- und Landschaftsschutz. Darüber hinaus sind sie Lebens-, Wirtschafts- und Erholungsraum für einen Großteil der Bevölkerung.

### Flächen mehrfach nutzen

„Die gesellschaftlichen Ansprüche, nicht zuletzt durch die Energie- und klimapolitischen Entwicklungen, stellen für die ländlichen Räume Bayerns komplexe Herausforderungen dar“, so die FAU-Wissenschaftlerin. Hinzu kommen teilweise in Konkurrenz stehende gesetzliche Vorgaben zwischen EU, nationaler Gesetzgebung und Gesetzgebung auf Ebene der Bundesländer. In diesem Spannungsfeld gelte es im Dialog mit Akteur/-innen aus Politik, Umwelt, (Land-)Wirtschaft und Zivilgesellschaft immer wieder auszuhandeln, auf wie viel Prozent der Fläche was geschehen soll. Tragbare Konzepte dafür zu entwickeln, wie dies unter den Bedingungen des Klimawandels insbesondere in Bayern gelingen kann, ist eine Aufgabe, der sich Perdita Pohle mit ihrem wissenschaftlichen Team stellt.

Eine Option: Energieproduktionsflächen mehrfach nutzen. „Denkbar sind Fotovoltaikanlagen auf Ständern, unter denen Weidewirtschaft betrieben wird, bestimmte Gemüsearten und Getreide angebaut oder Flächen für den Naturschutz, beispielsweise als Blühwiese, ausgewiesen werden“, sagt Perdita Pohle. Eine andere Option sind sogenannte Kurzumtriebsplantagen (KUPs). „Die Anpflanzung schnell wachsender Bäume wie Pappeln oder Weiden auf strukturarmen Agrarflächen mit dem Ziel, innerhalb kurzer Umtriebszeiten Holz-Hackschnitzel als nachwachsenden Rohstoff zu produzieren, bietet ökologische Vorteile und ist wirtschaftlich“, betont Pohle. „Durch die Bäume wird CO<sub>2</sub> gebunden, und sie dienen gleichzeitig als nachwachsender Rohstoff für die Erzeugung von erneuerbarer Energie. Außerdem ist die Ernte eine Einnahmequelle für die Landwirtinnen und Landwirte.“

Und doch sehe man gerade an letzterem Beispiel, welche Konflikte mit den Handlungsoptionen verbunden sein können: „KUPs sind Agrosforstsysteme, in denen Gehölze zumeist in Streifenform auf Acker- oder Grünlandflächen angelegt sind. Viele Landwirtinnen und Landwirte haben aufgrund der strikten juristischen Trennung von Agrarfläche und Waldfläche sowie der unterschiedlichen Berufsbilder von Landwirt und Forstwirt Akzeptanzprobleme gegenüber Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen.“

Wie man die Akzeptanz unter den Landwirt/-innen für solche nachhaltigen Landnutzungsoptionen erhöhen kann, ist nur eine der unzähligen Fragen, die es auf dem Weg zu einer sinnvollen Umsetzung der Energiewende zu beantworten gilt. Für die FAU-Forscher/-innen aus der Politikwissenschaft, der Wirtschaftswissenschaft oder der Geografie ist das wenig verwunderlich, handelt es sich bei der Energiewende doch um ein Großprojekt, das die gesamte Gesellschaft erfasst und in Umfang und Folgen in der deutschen Geschichte einmalig ist.

■ Michael Knies

### NIMBY-Proteste: „Not in my backyard“

Ging es früher vor allem um globale Fragen wie zum Beispiel den Vietnamkrieg oder den NATO-Doppelbeschluss, wenn die Menschen protestiert haben, sind es heute immer öfter Anliegen, die sie in ihrer unmittelbaren Lebenswirklichkeit betreffen: Muss die neue Eisenbahntrasse wirklich unbedingt an meinem Grundstück vorbeiführen? Kann die Stromtrasse nicht vielleicht doch besser einige Kilometer weiter östlich verlaufen? Es herrscht eine verstärkte „NIMBY“-Mentalität: „Not in my backyard“ – an sich gerne, aber bitte nicht bei mir. Dahinter steht im Grunde immer die Frage danach, welche Beeinträchtigungen der Einzelne persönlich zu erwarten hat. Ein Mehrwert oder Nutzen wird dagegen oftmals nicht mehr als ausreichend erkannt und deshalb ausgeblendet.



Fotos: Uwe Niklas



# Die energetischen VIER

Alternative Energiequellen sind die Superhelden der Energiewende. Forschende der FAU arbeiten daran, sie für eine klimaneutrale Energie- und Wärmeversorgung fit zu machen.



Illustrationen: Roland Hallmeier

**D**er massive Ausbau der Versorgung mit regenerativer Energie ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass die Energiewende gelingt. Aktuell liegt der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch bei über 40 Prozent – verglichen mit sechs Prozent im Jahr 2000 ein großer Erfolg, mit Blick auf Klimaneutralität in 24 Jahren jedoch eine gewaltige Herausforderung. Es ist vor allem auch eine Herausforderung an die universitäre Forschung, diesen Prozess zu unterstützen. Die FAU besitzt auf diesem Gebiet eine besonders beeindruckende Expertise: Materialwissenschaften, Verfahrenstechnik, Leistungselektronik oder Geologie sind bundesweit, zum Teil weltweit führend bei der Entwicklung neuer Materialien und Technologien sowie der Erschließung neuer Quellen nachhaltiger Energie. Dabei geht es nicht allein um höhere Wirkungsgrade, intelligentere Steuerung oder neue Infrastrukturen, sondern auch darum, Produkte und Verfahrensprozesse umweltverträglicher zu gestalten – wie die Beispiele organischer Solarmodule oder Biokatalysatoren zeigen.



## Solarenergie: Strom aus transparenten Folien

Aktuell deckt die Fotovoltaik knapp zehn Prozent des deutschen Strombedarfs. In den kommenden Jahrzehnten soll ihr Anteil jedoch auf 50 Prozent des Gesamtenergiebedarfs steigen – eine wahre Herkulesaufgabe.

Um diesen Ausbau nachhaltig und ressourcenschonend zu gestalten, wird intensiv an Alternativen zur Siliziumtechnologie geforscht. „Wir brauchen neue Technologien für den Ausbau der Fotovoltaik jenseits der verfügbaren Konversionsflächen für Solarparks oder Dachflächen auf Gebäuden“, sagt Prof. Dr. Christoph J. Brabec vom Lehrstuhl für Werkstoffwissenschaften. „Der Einsatz von flexiblen und transparenten Solartechnologien, die in beliebige Oberflächen integriert oder auch mit der Landwirtschaft synergistisch gekoppelt werden können, hat in Deutschland das Potenzial für ein Terawatt. Damit lässt sich sicherstellen, dass auch langfristig ausreichend Strom aus Sonnenenergie zur Verfügung steht.“

Brabec ist einer der weltweit führenden Entwickler organischer und gedruckter Fotovoltaik. Organische Solarzellen bestehen aus speziellen Polymeren und kohlenstoffbasierten Molekülen, zu denen Fullerene und weitere Kohlenstoff-Allotrope wie Nanoröhrchen oder Graphene zählen. Dieses Design ermöglicht es, die Module direkt auf flexible Folien zu drucken. In dieser Form können sie auch auf gewölbte Flächen, zum Beispiel Autodächer, geklebt werden. Der zweite entscheidende Vorteil: Die Module können in verschiedenen Farben, halbdurchlässig und sogar völlig transparent gefertigt werden. „Dadurch lassen sie sich gut in Gebäudefassaden integrieren“, erklärt Brabec. „Sogar Fensterscheiben werden zu Solarmodulen und tragen dazu bei, Häuser energieautark zu machen.“ Erste Studien bescheinigen der organischen Fotovoltaik eine hohe Umweltverträglichkeit und Recyclingbarkeit.

Am Helmholtz-Institut für Erneuerbare Energien in Erlangen forscht Christoph Brabec aktuell daran, die organische Fotovoltaik noch effizienter und langlebiger zu machen: „Unser Ziel heißt 20/20. Die Module sollen einen Wirkungsgrad von 20 Prozent und eine Lebensdauer von mindestens 20 Jahren erreichen.“ Ein Schlüssel zum Erfolg liegt in der Entwicklung kombinierter Big-Data- und KI-Konzepte für automatisierte Forschungsanlagen.





## Bioenergie: Enzyme statt Edelmetall

Ein Fünftel des regenerativen Stroms in Deutschland wird aus Biomasse erzeugt, der Großteil davon in Biogasanlagen. Rechnet man die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr zusammen, gehen sogar über 50 Prozent grüner Energie auf das Konto von Biomaterialien. Allerdings enthält Biogas im Schnitt noch 30 Prozent Kohlendioxid, das für die Verbrennung keinen Nutzen hat. „Um den Anteil von Biomethan am Biogas zu erhöhen, wird Wasserstoff benötigt, der unter Energieaufwand mit dem CO<sub>2</sub> zu Methan reagiert“, erklärt Katharina Herkendell vom Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik. „Dafür muss Wasser gespalten werden.“

Für das klassische zweistufige Verfahren von Wasser-Elektrolyse sowie anschließender Synthese von Kohlendioxid und Wasserstoff werden zumeist Katalysatoren aus Platin oder Iridium verwendet. Diese Edelmetalle sind erstens teuer und werden zweitens häufig unter fragwürdigen Bedingungen gewonnen. Herkendell forscht daran, die Metallkatalysatoren durch Biomaterialien zu ersetzen, zum Beispiel Enzyme, die mit Kohlenstoff-Nanostrukturen kombiniert werden. „Biokatalysatoren haben unschlagbare Vorteile“, sagt sie. „Sie sind erneuerbar, weitgehend unempfindlich gegenüber Verunreinigungen und funktionieren auch bei Raumtemperatur.“ So lassen sich Wasserspaltung und Methanproduktion mit Bioelektroden zu einem Schritt vereinen. Elektrisch vernetzte Enzyme arbeiten teilweise sogar so selektiv, dass in den Elektrosynthesezellen auf teure Protonenaustauschmembranen verzichtet werden kann. Herkendell ist überzeugt davon, dass Bioelektrokatalysatoren noch in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts eine bedeutende Rolle bei der dezentralen Energieumwandlung spielen können. Für den Bereich Power-to-Gas/Liquid werden bereits heute Reaktoren getestet, bei denen Mikroben als Katalysatoren fungieren. Sie wandeln Wasserstoff und Kohlendioxid in Methan um, das direkt in das Gasnetz eingespeist werden kann. Zudem forscht die Nürnberger Bioingenieurin an vollständig erneuerbaren Brennstoffzellen mit Enzymkatalysatoren, die eine nachhaltige Stromerzeugung aus organischen Abfällen, Klärschlamm oder zellulosehaltiger Biomasse ermöglichen.

## Erdwärme: Hotspot Bayern

Erdwärme ist eine unerschöpfliche regenerative Energiequelle. Bislang wird sie vor allem in Regionen mit hoher vulkanischer Aktivität genutzt – etwa auf Island, wo heiße Quellen bereits oberflächennah angezapft werden können. Doch auch in Deutschland gibt es Gebiete mit enormem Potenzial – zum Beispiel das zwischen Donau und Alpen gelegene Molassebecken: „Wir finden hier ab etwa 4000 Metern Tiefe bis zu 140 Grad heiße Thermalwässer, die sich zum Teil sogar für die Stromproduktion eignen“, sagt Prof. Dr. Harald Stollhofen, Inhaber des Lehrstuhls für Geologie. Der Experte schätzt, dass die Metropolregion München künftig fast 70 Prozent ihres Wärmebedarfs durch Tiefengeothermie decken könnte. Solche thermalwasserführenden Schichten gibt es in Nordbayern kaum. Doch auch hier könnte sich eine geothermische Erschließung lohnen: „In der Region zwischen Bamberg und Coburg haben wir unterhalb von etwa 2000 Meter Tiefe einen Granitkörper entdeckt, der von zahlreichen Verwerfungen und Brüchen durchzogen wird“, erklärt Stollhofen. „Diese natürlichen Brüche können mit heißem Wasser gefüllt sein, das über Bohrungen an die Oberfläche gepumpt werden kann.“ Die

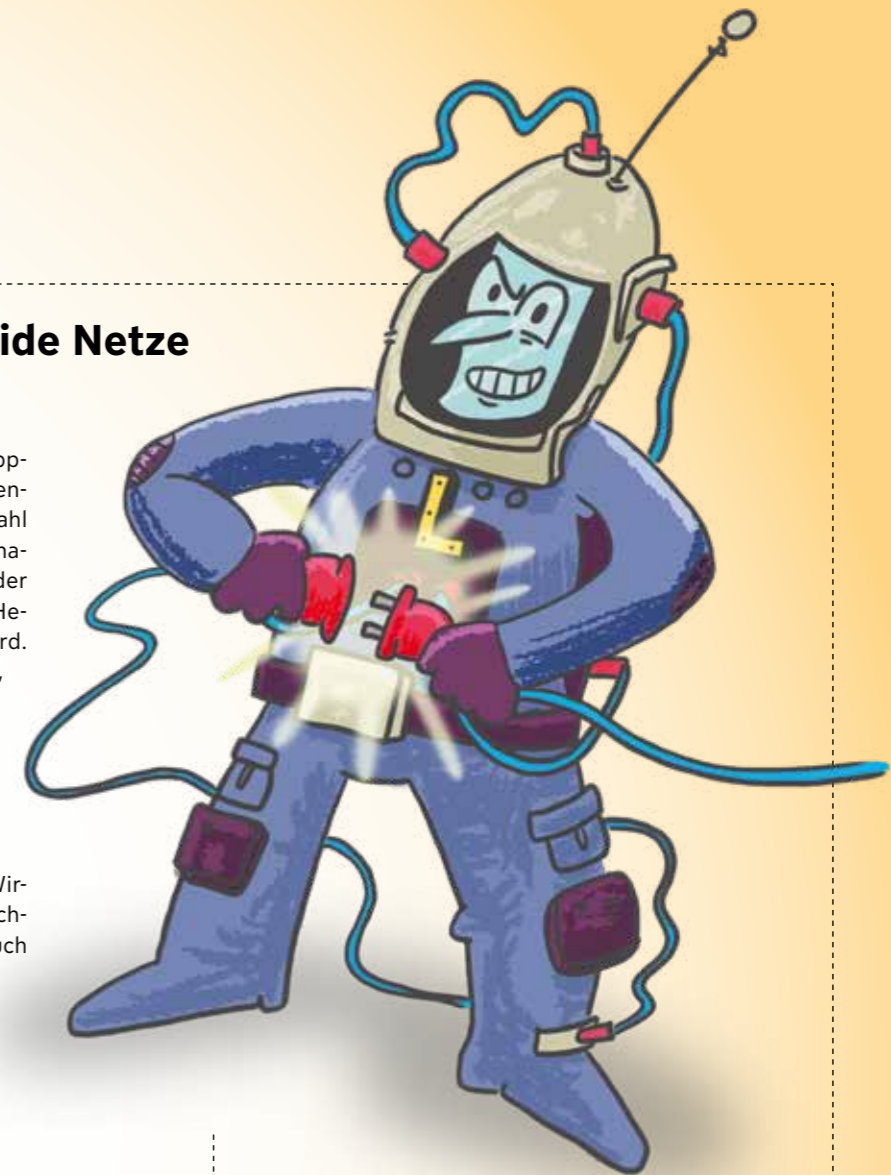
Fachleute sprechen bei diesem Verfahren von stimulierten geothermischen Systemen – im Gegensatz zu hydrothermischen im Falle des Molassebeckens. Im Rahmen der Geothermie-Allianz Bayern (GAB) widmen sich die FAU-Geologen vor allem der Aufgabe, Karten und Modelle vom tieferen Untergrund des Freistaats zu erstellen. Stollhofen: „Solche Explorationsergebnisse gibt es bisher vorzugsweise in Gebieten, die bereits in der Vergangenheit für die Erdöl- und Erdgasförderung oder den Bergbau interessant waren. Aber in Nordbayern haben wir noch viele weiße Flecken auf dieser Karte.“ Weil allein eine Tiefbohrung mehrere Millionen Euro kostet und nur punktuelle Informationen liefert, nutzt das Team zunächst vor allem geophysikalische Methoden für die flächige Erkundung: seismische, gravimetrische und magnetische Verfahren etwa oder die isotopische Analyse austretender Gase. Stollhofen ist optimistisch: „Vielleicht kann Bayern eines Tages Geothermiestrom nach Norddeutschland liefern, wenn dort Windflaute herrscht.“



## Leistungselektronik: hybride Netze und intelligente Wandler

Windkraftanlagen, Fotovoltaik, Kraft-Wärme-Kopplung – unser Energieversorgungssystem wird dezentraler und heterogener. Das führt dazu, dass die Zahl von Spannungs- und Frequenz-Umrichtungen dramatisch zunimmt. Zugleich fehlen durch den Wegfall der Großkraftwerke die Dirigenten im Netz, was zur Herausforderung für eine stabile Stromversorgung wird. Im Erlangen wird deshalb intensiv daran geforscht, welchen Beitrag die Leistungselektronik für die zunehmende Versorgung mit regenerativer Energie leisten kann. „Die unterschiedlichsten Erzeuger in ein Netz zu integrieren, wird eine gewaltige Aufgabe“, sagt Prof. Dr. Martin März, Inhaber des Lehrstuhls für Leistungselektronik. „Wir müssen es zum einen schaffen, die Wirkungsgrade von Wandlern, etwa von Wechselrichtern, zu maximieren. Zum anderen werden wir auch die Architektur der Netze überdenken müssen.“

Illustrationen: Roland Hallmeier



Dazu zählt beispielsweise, unnötige Wandlungsvorgänge zu vermeiden. März: „Nehmen Sie die Fotovoltaik: Die Module auf dem Dach produzieren Gleichstrom, der noch vor Ort in Wechselstrom umgewandelt wird, weil das Hausnetz traditionell so ausgelegt ist. Für den Betrieb Ihres Laptops oder das Laden Ihres E-Autos muss aus dem Wechselstrom dann aber wieder Gleichstrom werden.“ März geht davon aus, dass hybride Netze mit separaten, in sich geschlossenen Gleichspannungsbereichen künftig zu deutlich kostengünstigeren und effizienteren Lösungen führen werden.

Für die Überwachung des Versorgungsnetzes wird sich die Leistungselektronik künftig auch Algorithmen der künstlichen Intelligenz bedienen, etwa um Schwankungen des Energieangebots blitzschnell ausgleichen zu können. Zugleich können Umrichter zu zentralen Elementen einer vorausschauenden Wartung werden. Sie wären in der Lage, Schäden an Erdkabeln zu registrieren und so zu helfen, Black-outs zu vermeiden. Aber auch der Blick in Richtung der elektrischen Verbraucher ist interessant: Anhand der Motorströme beispielsweise könnten Schäden an Antrieben frühzeitig erkannt werden, ohne dass dafür zusätzliche Sensoren installiert werden müssten.

■ Matthias Münch



# Energiefresser Digitalisierung

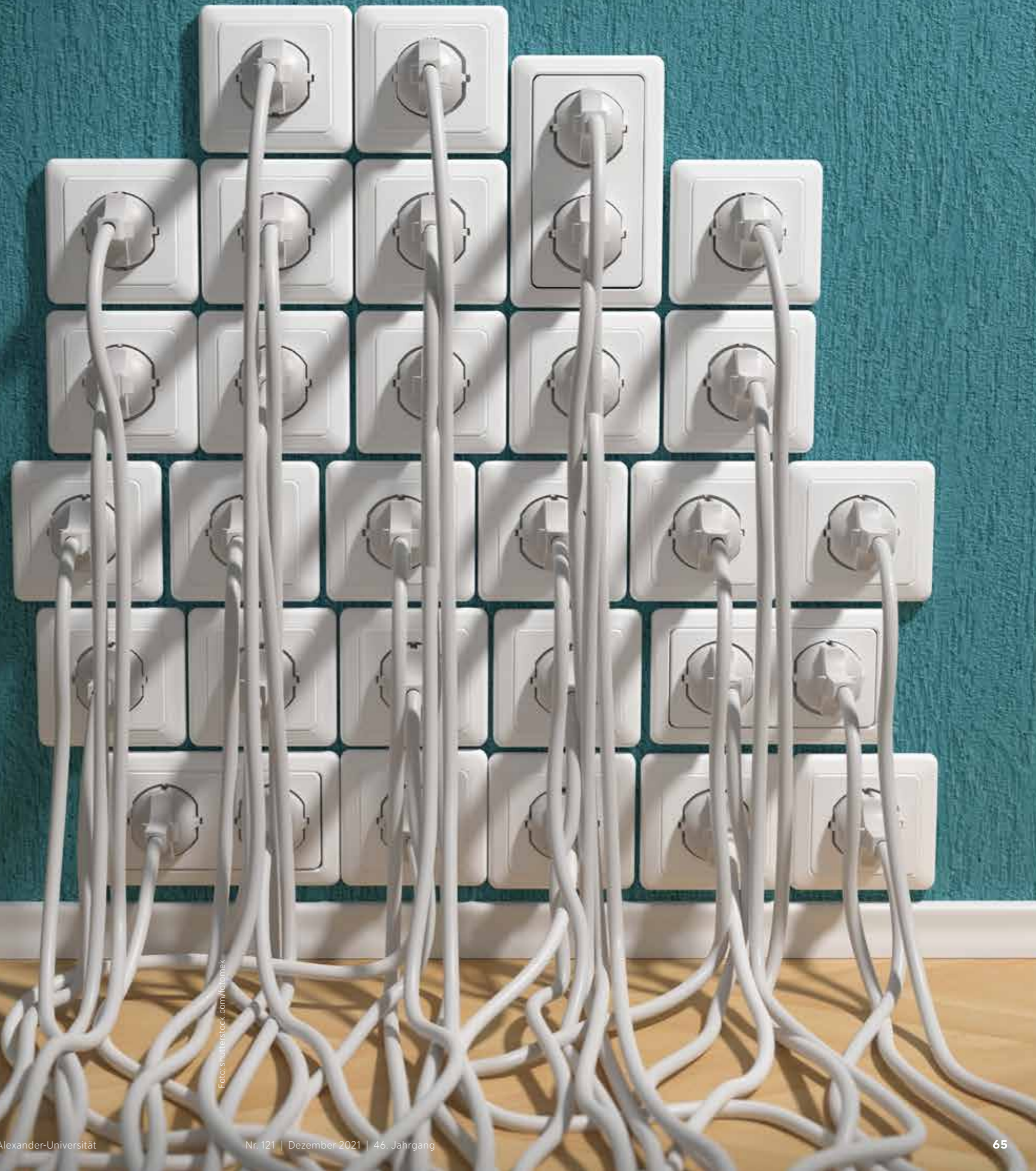
Weniger Dienstreisen, weniger Pendeln, weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß: Die Corona-Pandemie hat auf den ersten Blick einiges vorgebracht in Sachen Nachhaltigkeit. Auf den zweiten Blick stellt sich die Frage: Ist die Digitalisierung wirklich nachhaltiger?

In den Anfängen der Digitalisierung war kaum vorstellbar, wie tief die Informationstechnik den Alltag durchdringen würde. Aus den 1940er-Jahren stammt die Prognose von IBM-Chef Thomas Watson: „Ich denke, dass es einen Weltmarkt für vielleicht fünf Computer gibt.“ Rechnet man allein die PCs, Tablets sowie Smartphones eines typischen deutschen Privathaushaltes mit mindestens zwei Personen zusammen, dürfte die Zahl von fünf Computern überschritten sein. Und da sind Smartwatches, Smart-TV oder Saugroboter noch gar nicht mitgezählt.

Die digitalen Helfer haben allerdings eine Kehrseite: Der Stromverbrauch durch digitale Anwendungen wächst kontinuierlich mit. Das lässt sich an der Pi-mal-Daumen-Schätzung des Stromverbrauchs für eine einzige Suchanfrage bei Google illustrieren: rund 0,3 Wattstunden. Allein bei Google gehen pro Sekunde weltweit gut 2,4 Millionen Suchanfragen ein, das verbraucht rund 720 Kilowattstunden (kWh). Das ist grob ein Drit-

tel des jährlichen Stromverbrauchs eines deutschen Einpersonenhaushalts.

Die jährlichen Treibhausgas-Emissionen durch die Digitalisierung in Deutschland sind stattlich, das belegt der Bericht „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität: Welche Chancen und Risiken ergeben sich durch die Digitalisierung?“ der KfW. Demnach dürften im Jahr 2020 digitale Anwendungen rund 34 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Ausstoß verursacht haben. Darin enthalten sind auch die Emissionen, die bei der Herstellung der Endgeräte sowie der digitalen Infrastruktur angefallen sind. Rein rechnerisch entspricht dies einem Anteil von gut vier Prozent an den gesamten deutschen Treibhausgas-Emissionen. Der digitale Fußabdruck pro Person und Jahr beträgt bei durchschnittlicher privater Nutzung digitaler Geräte rund 740 Kilogramm CO<sub>2</sub>. Bei intensiver Nutzung steigt dieser Wert auf rund 1050 Kilogramm CO<sub>2</sub> pro Jahr und Kopf an.





### Energiesparen bei der Videocodierung

Dieses rasante Wachstum der Internetnutzung und des damit einhergehenden Energieverbrauchs resultiert maßgeblich aus dem Videokonsum über das Netz. Schon vor der Corona-Pandemie machte er insgesamt 80 Prozent des Traffics aus. Die meisten User greifen auf Streaming-Plattformen zu, gefolgt von Pornografie, Video-Plattformen sowie Videos auf den Social-Media-Kanälen. „Die wachsenden Datenströme und die damit verbundenen Emissionen sind ein globales Problem“, kommentiert Dr. Christian Herglotz vom FAU-Lehrstuhl für Multimediakommunikation und Signalverarbeitung.

Die Umrechnung des Stromverbrauchs der Endgeräte beim Videostreamen in sogenannte CO<sub>2</sub>-Äquivalente, also den angenommenen CO<sub>2</sub>-Ausstoß, ist ein komplexes Unterfangen. Denn je nach Energiequelle variieren die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilowattstunde von rund 13 Gramm bei Wasserkraft bis zu 1230 Gramm bei Braunkohle. Die entscheidende Variable ist hier beispielsweise die Verfügbarkeit von erneuerbaren Energien, die allerdings vom Wetter abhängt. Eine andere Variable beim Streamen vom Rechenzentrum inklusive des letzten Übertragungswegs per WiFi ist das Endgerät selbst, also etwa Smartphone, Tablet, Laptop, 40- oder 50-Zoll-Fernseher oder ein PC. Der Energieverbrauch des Endgerätes beim Streamen hat ebenfalls noch mehrere Dimensionen. Das haben Herglotz und sein Team im Lehrstuhl-Labor erstmals beispielhaft für ein Smartphone gezeigt. Sie erfassten die Leistung zum Decodieren und Abspielen des Videos, für Helligkeit des Displays sowie für den Audiobedarf. Die Messergebnisse zeigen, dass insbesondere die Leerlaufleistung, das Videostreaming und das Display für den Großteil des Verbrauchs bei einem HD-Video verantwortlich sind.

Technisch ermöglichen die sogenannten Video-codecs – Algorithmen zum Codieren und Decodieren –, dass Anbieter ihre Videodaten für den Transport durchs Internet komprimieren und Endgeräte diese komprimierten Daten wieder decodieren können. Die dazu nötigen Hardwarechips in den Endgeräten sind bereits hocheffizient und reduzieren die benötigte Energie deutlich. Verfügt allerdings ein veraltetes Endgerät nicht über den passenden Mikrochip, läuft das Entschlüsseln über den Prozessor im Endgerät. Das kann dann schon mal das Zwanzigfache bis Hundertfache an Energie verbrauchen.



Ob Serien, Filme oder Video: Streaming macht rund 80 Prozent des Internettraffics aus – schon vor der Pandemie.

Forscher Herglotz arbeitet nun an einer Idee, um bei diesem Übertragungsprozess auch das Thema Energieeffizienz zu implementieren. Dieses zusätzliche Feature zum Energiebedarf in den Codecs ist aus seiner Sicht innovatives Neuland. So könnte zukünftig ein Handy automatisiert in den Übertragungsprozess eingreifen und bei gleichbleibender Filmqualität quasi einen Stream mit weniger Energiebedarf anfordern. So wird den beiden bestehenden Prinzipien der Videokompression – minimierte Übertragungsraten bei maximaler Videoqualität – erstmals die Dimension der Decodier-Energie hinzugefügt. In der Praxis teilt dann beispielsweise das Smartphone dem Video-Rechenzentrum mit, dass die Übertragung der restlichen 30 Video-Minuten an die Rest-Akkulaufzeit von 20 Minuten angepasst werden muss.

### Kryptowährung: Datenschutz oder Energieeffizienz?

Eigentlich halbiert sich durch technischen Fortschritt alle zwei Jahre der Stromverbrauch pro übertragenem Gigabyte. Dieser langfristige Trend wird allerdings durch den sogenannten Rebound-Effekt konterkariert. Mehr Videostreamer und längeres Videostreamen benötigen mehr Energie und emittieren damit mehr CO<sub>2</sub>. Gleiches gilt natürlich auch für Audiodaten, Bilder oder die durch Corona forcierten Videokonferenzen.

Foto: shutterstock.com/metamorworks

### Im Ländervergleich

Der Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index schätzt den Stromverbrauch der Kryptowährung Bitcoin auf rund 120 Terawattstunden (TWh) pro Jahr, das wäre mehr als der Verbrauch der Niederlande.

Ein anderer digitaler Energiefresser ist in diesem Jahr durch Tesla-Chef Elon Musk ins Bewusstsein der breiten Öffentlichkeit gerückt worden: die Kryptowährung Bitcoin. Seinen fast 60 Millionen Twitter-Followern verkündete er zunächst, dass der E-Autobauer Bitcoins als Zahlungsmittel akzeptieren wolle. Dann kam der Rückzieher: Angesichts des Energieverbrauchs der Bitcoin-Blockchain nutzte Musk die Währung erst bei nachhaltiger Stromversorgung.

Der gigantische Strombedarf der ältesten und bekanntesten Kryptowährung resultiert aus ihrem besonderen Consensus-Algorithmus. Ein Teil dieses Verfahrens beruht auf dem „Proof-of-Work“ (PoW). Dieser wird zur Erzeugung neuer Blöcke verwendet und verbraucht rund 90 Prozent der Energie.

Den hohen Energiebedarf hat auch Prof. Dr. Dominique Schröder vom FAU-Informatik-Lehrstuhl für angewandte Kryptografie im Blick. Allerdings sieht er auch Vorteile, allen voran die Tatsache, dass das Bitcoin-Netzwerk durch seine dezentrale Struktur von Anfang an ohne Unterbrechung fehlerfrei läuft. „Das ist in der Welt der IT eine seltene Ausnahme.“ Weitere Pluspunkte sind für ihn der Sicherheitsaspekt, der Ausschluss von politischen Eingriffen und letztlich auch die hohe Transparenz der Transaktionen.

Außerdem übersieht die Kritik am virtuellen Bitcoin-Geld die Kosten für das physische Bargeld, hebt Schröder hervor. Denn die geschätzten weltweiten Produktionskosten für Papiergeld liegen bei fünf Terawatt pro Jahr. Hinzu kommt der globale Energiebedarf der Bankenbranche von rund 100 Terawatt im Jahr.

Mit Blick auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Kryptowährungen schneidet anderes digitales Geld wie beispielsweise Cardano deutlich besser ab. Dieser Mining-Algorithmus beruht nicht auf einer erbrachten Rechenleistung, sondern auf dem Anteil, den Miner an der Währung halten, dem sogenannten „Proof of Stake“. Außerdem etablieren sich beim Kryptogeld zunehmend sogenannte Off-Chain-Transaktionen. Sie werden nicht mehr direkt in einer Krypto-Blockchain verbucht (On-Chain), sondern laufen über eine Art Erweiterung oder Bypass. Das beschleunigt den Bezahprozess mit virtuellem Geld und reduziert gleichzeitig den Rechenaufwand und damit den Energiebedarf. „Dieses Off-Chain-Payment hilft, den riesigen Energieverbrauch kleiner zu halten“, sagt Schröder. Off-Chain-Payment eröffnet damit das leichtere Bezahlen auch kleinerer Beträge. Das war eine Voraussetzung, damit El Salvador im Jahr 2021 den Bitcoin in den Rang eines gesetzlichen Zahlungsmittels erheben konnte.

Foto: shutterstock.com/jiap

Bei Blockchains oder Kryptowährungen spiegelt sich für Schröder, der insbesondere das Thema individuelle Privacy im Blick hat, ein grundsätzlicher Konflikt wider: „Es gibt ein Spannungsfeld zwischen mehr Privacy im digitalen Raum und mehr Effizienz.“ Effizienz bedeutet beispielsweise bei den Kryptowährungen, weniger Operationen durchzuführen und damit auch Energie zu sparen. „Leider schlägt in der Praxis die Effizienz die individuelle Datensicherheit“, kommentiert Schröder. Diese Rivalität begleitet die gesamte Entwicklung der privaten, beruflichen und gesellschaftlichen Digitalisierung.

### Energieeffiziente KI

Die Blockchain-Technologie erlebt auch bei industriellen Modellen einen Höhenflug. Durch unveränderbar gesicherte Daten lassen sich beispielsweise einzelne Rohstoffe über Transportwege und die Verarbeitung bis zum Verkauf als Produkt zurückverfolgen. Das kann in der Diamantenbranche zu einem sicheren Ausschluss sogenannter Blutdiamanten im Handel führen oder in der Pharmabranche die lukrative Produktpiraterie mit Fälschungen eindämmen. Industrielle Blockchain-Projekte verzichten auf das PoW-Prinzip, um neue Blöcke weniger energieintensiv zu schaffen. Stattdessen entscheiden beispielsweise die beteiligten Unternehmen nach hierarchischen Regeln, dem Quorum, über einen nächsten Block in ihrer Blockchain. Valide Zahlen über den Strombedarf dieses energieeffizienteren Verfahrens gibt es zwar nicht, Schröder taxiert die Energieeinsparung durch wegfallende Rechnerleistung im Vergleich zum Bitcoin aber auf mehr als 90 Prozent.

### Negative Nebeneffekte

Weitere Minuspunkte für den Bitcoin-Hype: Die Computer sind für das Mining meist nur zwei Jahre betriebsfähig. Zudem saugen Bitcoin-Miner rund ein Viertel der jährlichen Halbleiter-Produktion auf. Das verschärft den globalen Chipmangel in der Produktion von Pkw, Smartphones oder Spielekonsolen.



Kryptowährungen verbrauchen enorm viel Energie – funktionieren dabei aber fehlerfrei und bieten hohe Sicherheit.





Eine ähnliche Energieeffizienz ist auch mit einer Künstlichen-Intelligenz-(KI)-Lösung von Prof. Dr. Dietmar Fey möglich, der an der FAU den Lehrstuhl für Rechnerarchitektur innehat. Er entwickelt Mikrochips mit nicht-flüchtigen Speichern, sogenannte RRAMs. Diese programmierbaren Schaltkreise sind in der Lage, sich ihre Einstellungen auch bei ausgeschalteter Stromzufuhr zu merken, um beim Einschalten sofort weiterarbeiten zu können. So können die RRAMs Daten aufzeichnen, während sich die Schaltung für den KI-Algorithmus in einer Art energiesparendem Schlafmodus befindet. Wird die auswertende Schaltung wieder aufgeweckt, sind die benötigten Gewichte für das neuronale Netz sofort wieder da. Im Vergleich zu einer permanenten Betriebsbereitschaft lassen sich bis zu 95 Prozent der Energie sparen.

Um die Gewichte effizient zu speichern, nutzt Fey ternäre Werte. Ternäre Werte kommen mit null, eins und minus eins aus und erlauben einen Lernprozess wie in einem neuronalen Netz. Ihr entscheidender Vorteil ist der geringere Speicherbedarf, der sich wiederum auf die Energieeffizienz positiv auswirkt.

#### Auch Kleinvieh macht Mist

Diesen Ansatz hat das Gemeinschaftsprojekt des Lehrstuhls Rechnerarchitektur und des FAU-Lehrstuhls Technische Elektronik von Prof. Dr. Robert Weigel – insbesondere mit den Mitarbeitern Marc Reichenbach und Amelie Hagelauer – sowie des Fraunhofer IIS in Erlangen und Dresden in einem Anwendungsbeispiel simuliert. Dafür erhielt der Verbund beim Pilotinnovationswettbewerb „Energieeffiziente KI-Systeme“ des Bundesfor-

schungsministeriums den ersten Preis. Das Modell erkennt anhand von laufenden EKG-Daten Herzrhythmusstörungen und Vorhofflimmern mit mindestens 90 Prozent Genauigkeit und verbraucht dabei am wenigsten Energie.

Mit dem Preisgeld werden als Nachfolgeprojekt auch neue Softwarewerkzeuge bereitgestellt. Sie verbessern das Training der KI so, dass die effiziente Zeitreihenanalyse kontinuierlicher Datenströme in anderen Anwendungen eingesetzt werden kann. Gleichzeitig wird die Energieminimierung mitberücksichtigt. Fey sieht viele Nutzungsmöglichkeiten, sowohl in der Medizin als auch bei der Industrieautomatisierung, beispielsweise im industriellen Qualitätsmanagement. Die Bedeutung für die Energieeinsparung schätzt Fey nüchtern ein: „Kleinvieh macht auch Mist.“ Einzel betrachtet, sei die hohe Energieeinsparung in absoluten Werten gering. Kommen aber Sensoren mit solchen Techniken massenhaft zum Einsatz, ergibt sich in Summe eine relevante Einsparung.

Solch innovativen Ansätze weisen einen Weg aus dem Dilemma von mehr Digitalisierung oder mehr Nachhaltigkeit. Denn auf dem Weg zum CO<sub>2</sub>-emissionsarmen Globus ist eine abgebremste Digitalisierung keine Option. Vielmehr geht es darum, den Vormarsch digitaler Anwendungen von einem mitwachsenden Treibhausgas-Ausstoß abzukoppeln.

■ Thomas Tjiang

Wie kann die Digitalisierung energiesparender vorangetrieben werden? Daran arbeiten Forschende der FAU.

#### Verdoppelt?

Der französische Thinktank The Shift Project berechnete vor der Corona-Pandemie den globalen Treibhausgas-Anteil der digitalen Technologien auf vier Prozent. 2025 könnte der Anteil der digitalbedingten Emissionen bei acht Prozent liegen. Knapp die Hälfte der Treibhaus-Emissionen entfallen auf die Produktion von Computern, Fernsehern und anderen Endgeräten. Der globale zivile Luftverkehr verursacht rund drei Prozent.

Foto: shutterstock.com/sdecoret



Career Service

# Jobs finden statt suchen!

FAU-stellenwerk – das Jobportal der Universität Erlangen-Nürnberg

[stellenwerk-fau.de](https://stellenwerk-fau.de)

Hier findest du Jobs so individuell wie das Studentenleben: Nebenjobs, Praktika oder Einstiegspositionen. Täglich neue Angebote aus Erlangen, Nürnberg und ganz Deutschland.



[stellenwerk-fau.de](https://stellenwerk-fau.de)

Herausgeber: FAU-Stabsstelle Presse und Kommunikation; Foto: Stellenwerk









„Die sozial-ökologische Marktwirtschaft ist keine Naturpflanze, sondern eine Kulturpflanze, die gehegt und gestaltet werden muss.“

„Märkte kennen keine Klimaziele.“ Daher werden politische Rahmenbedingungen gebraucht, damit der Markt sich selbst gemäß den deutschen Klimazielen umbaut. Beckmann veranschaulicht das bildlich: „Die sozial-ökologische Marktwirtschaft ist keine Naturpflanze, sondern eine Kulturpflanze, die gehegt und gestaltet werden muss.“ Konkret müssen Anbieter/-innen von Waren und Dienstleistungen die bislang unberücksichtigten Kosten einer Umweltverschmutzung über einen CO<sub>2</sub>-Preis direkt angelastet werden. Andernfalls führt für Beckmann das Wirtschaften in die falsche Richtung. „Nur weil der Preis für Fleisch oder Flugreisen die Schäden an Natur, Gesellschaft und Zukunft nicht beinhaltet, können sie so billig sein.“ Würden Preise jedoch die tatsächlichen ökologischen Kosten widerspiegeln, vermittelten sie Verbraucher/-innen auch eine neue Transparenz. Heute kann ein Apfelkäufer nicht erkennen, ob im Frühjahr die CO<sub>2</sub>-Bilanz eines klimatisiert gelagerten Apfels vom Bodensee günstiger ist als die eines Apfels aus Südamerika. Wirtschaftsordnung führt zur Wohlstandsschere Die Diskussion um eine neue Wirtschaftsordnung wird auch von einer verfehlten Verteilungsgerechtigkeit befeuert. Obwohl der Wohlstand auf der Erde insgesamt wächst, beklagt der Welt-

hunger-Index wachsenden Hunger insbesondere auf der südlichen Halbkugel. Seit einigen Jahren steigt die Zahl der Notleidenden wieder an, zuletzt auf weltweit etwa 811 Millionen Menschen. Die bisherige Art des Wirtschaftens war trotz Hilfgelder in Billionen-Dollar-Höhe nicht in der Lage, die Wohlstandsschere zwischen Nord und Süd zu schließen. Der „Atlas der Weltwirtschaft 2020/21“ beziffert die sogenannte Kaufkraftparität (Purchasing Power Parities: PPP), beispielsweise für die Subsahara-Staaten auf ein pro Kopf-PPP von 4273 US-Dollar in 2019. Zum Vergleich: Das deutsche PPP pro Kopf kommt auf 53.557 Dollar. Das stärkere Wirtschaftswachstum auf der nördlichen Halbkugel konterkariert das Ziel Verteilungsgerechtigkeit.

„Das Ziel, Abhängigkeiten von Geldtransfers zu verringern und große Autonomie in der eigenen Entwicklung zu schaffen, ist in weiten Teilen gescheitert“, konstatiert Professor Dr. Fred Krüger vom FAU-Institut für Geographie, dessen wissenschaftlicher Fokus auf der geografischen Entwicklungsforschung im Globalen Süden liegt.

Die bisherige Übertragung westlicher Wirtschaftssysteme beurteilt Krüger gespalten. Mit Bedingungen für multilaterale Entwicklungszusammenarbeit, wie zum Beispiel Rechtsstaatlichkeit, demokratischen Strukturen oder Verlässlichkeit, stülpten Geberländer ihre Werte den Empfängerstaaten über. Dabei finden sich beispielsweise vor Ort ausgetüftelte Lösungen für praktikable Landzugangswege, die traditionell durch Stammesoberhäupter geregelt sind, aber über keinen Eintrag im Grundbuch als westlich-formalisierte Landzugangsformen verfügen. Andererseits könne er den Wunsch nachvollziehen, für den Transfer von Finanzen und Know-how vor Ort berechenbare, global standardisierte Strukturen vorzufinden.

In jedem Fall muss ein wirtschaftliches Umdenken stattfinden. Beispielsweise fehlt Tansania einfach das Geld, um eine wirtschaftlich verlässliche Infrastruktur aufzubauen. „Die finanziellen Ressourcen reichen nicht aus.“ Hinzu kommt ein großer Druck durch das Bevölkerungswachstum, der es verhindert, Märkte gezielt zu planen oder zu entwickeln. Tansanias größte Stadt Daressalam ist in den letzten zehn Jahren von etwa vier auf rund sieben Millionen Bewohner gewachsen. Bei diesem Tempo kann die öffentliche Hand nur begrenzt steuernd eingreifen.

Statt eines einzigen Lösungsansatzes für Afrika müsse man kleinräumiger und individueller etwa die subsaharisch-afrikanische Stadtentwicklung in den Blick nehmen. „Mit klassischen Begrifflichkeiten der Stadtforschung und Stadtpolitik lässt sich das nicht erfassen.“ Da staatliche Ressourcen nur rudimentär zur Verfügung stehen, organisieren sich lokale Märkte durch scheinbar ungeordnete Entwicklungslogiken mit neu ver-

Illustration: Roland Hallmeier

netzten Infrastrukturen. In diesem sogenannten „informellen Sektor“, in dem die Menschen von unten ihr Leben organisieren, schaffen sie zugleich kreative gesellschafts- und staatstragende Strukturen. Die Bedeutung solcher Aktivitäten wird im Globalen Norden meist vollkommen unterschätzt.

### Schritt in die richtige Richtung

Kritisch beurteilt Krüger manch wirtschaftliches Engagement einiger Staaten oder finanzstarker Unternehmen. Ungenügende Rahmenbedingungen zum Beispiel durch fehlende Rechtsklarheit oder sich widersprechende Gesetze erlauben es, sich etwa Wasser- oder Landrechte zu sichern und damit zugleich die lokale Bevölkerung vom Zugang abzuschneiden.

Das neue Lieferkettengesetz will diese Regulierungslücke künftig schließen. Es soll sicherstellen, dass Menschenrechte, etwa auf existenzsichernde Mindestlöhne oder diskriminierungsfreie Arbeit, auch in den globalen Beschaffungsmärkten eingehalten werden. Damit führt es in die hiesige Wirtschaftsordnung ein neues Element ein. Denn es überträgt Unternehmen mit Sitz in Deutschland und mehr als 3000 Beschäftigten ab 2023 und ein Jahr später Firmen mit mehr als 1000 Beschäftigten verbindliche Sorgfalts- und Berichtspflichten. Dafür müssen sie eine Risikoanalyse durchführen und etwa bei Menschenrechtsverletzungen entlang der direkten Lieferkette Präventionsmaßnahmen ergreifen. Ergebnisse der Risikoanalyse und Gegenmaßnahmen sind zu dokumentieren, fortzuschreiben und zu veröffentlichen. Außerdem ist eine Beschwerdemöglichkeit nach Art eines Whistleblowing-Systems einzurichten. Zusätzlich wird die Sorgfaltspflicht auf mittelbare Zulieferer ausgedehnt. Bei allgemein bekannten Tatsachen, wie etwa den Arbeitsbedingungen in afrikanischen Minen, müssen Unternehmen aktiv werden. Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle wird in diesem Zusammenhang als zuständige Aufsichtsbehörde Prüfungs- und Sanktionsrechte bekommen und kann Zwangsgelder verhängen. Eine zivilrechtliche Haftung der Unternehmen sieht das Lieferkettengesetz allerdings nicht vor.

### Veränderter Einkaufsprozess

Professor Dr. Markus Krajewski vom Lehrstuhl für Öffentliches Recht und Völkerrecht sieht das Gesetz „als einen wichtigen Schritt in die richtige Richtung“. Er hatte sich vor der Verab-

schiedung in einem Gutachten zwar noch starkgemacht für schärfere Regelungen. Aber der Kompromiss stellt zumindest klar, welche Aufgaben die Wirtschaft nun hat. Neu ist für die Unternehmen, dass sie sich nicht nur um die Zustände vor der eigenen Haustür kümmern müssen, sondern über die deutschen Grenzen hinaus in der Pflicht stehen.

Das Lieferkettengesetz werde aber nicht von heute auf morgen die Welt auf den Kopf stellen. Auch die Prognosen zum Beispiel für deutsche Maschinenbauer über einen nun notwendigen Rückzug aus bestimmten Ländern hält Krajewski für voreilig. Es handelt sich um jahrelange Prozesse, der Abbruch einer Geschäftsbeziehung ist nur die ultima ratio.

Im Konfliktfall sollen sich Unternehmen eben nicht einfach von einem Standort oder aus einem Staat zurückziehen. „Die gesamte Logik von Unternehmensverantwortung bei ihren Lieferketten geht davon aus, dass sie wichtige Player für soziale Veränderungen sind“, führt der Jurist aus. Das könne man als neo-kolonial kritisieren, für ihn geht es aber letztlich um die Durchsetzung von fundamentalen Menschenrechten, also, dass etwa Arbeiter/-innen fair behandelt und entlohnt werden. „Das kann in Teilen zu Verbesserungen in unserem Wirtschaftssystem führen.“

Vor seiner Verabschiedung war das Lieferkettengesetz heftig umstritten. Unternehmensverbände betonten, dass Firmen freiwillig die Anforderungen erfüllen würden. Allerdings zeigte sich in der Praxis, dass das Prinzip Freiwilligkeit in unserer Wirtschaftsordnung mehrheitlich nicht funktioniert. Bei einer Evaluierung des „Nationalen Aktionsplans (NAP) Wirtschaft und Menschenrechte“, dem Vorläufer des Lieferkettengesetzes, hatten nach vier Jahren nur rund 20 Prozent der Betriebe die Ideen in Eigeninitiative umgesetzt. In der Praxis rechnet Krajewski damit, dass sich der Einkaufsprozess spürbar ändert. Kurzfristige Bestellungen von beispielsweise T-Shirts in einer pakistanischen Nähfabrik dürften nicht mehr

### Der Preis für Lebensmittel

Wirtschaftlich betrachtet, sind Lebensmittel in Deutschland zu billig. Ihr Wert in Euro und Cent ist für Erzeuger, Händler und Konsumenten so gering, dass alljährlich rund 18 Millionen Tonnen weggeworfen werden. Das entspricht fast einem Drittel des deutschen Nahrungsmittelverbrauchs. Über die Hälfte der Lebensmittelabfälle entsteht bei den privaten Haushalten – rechnerisch etwa 75 Kilogramm pro Kopf und Jahr. Auf Platz zwei finden sich die Verarbeiter von Lebensmitteln, gefolgt von den Erzeugern, der Außer-Haus-Verpflegung und schließlich dem Handel.

„Meine GEWO“  
im App Store  
und  
Play Store

APP NUTZEN -  
GELD SPAREN

**GEWOBAU**  
Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Erlangen mbH

Kennen Sie schon das GEWOBAU-Mieterportal?  
Als angemeldeter Mieter sind Sie dort immer  
informiert und erhalten Neuigkeiten von der  
GEWOBAU ganz schnell und unkompliziert im Netz.

Weitere Infos auf  
[www.GEWOBAU-Erlangen.de/mieterportal](http://www.GEWOBAU-Erlangen.de/mieterportal)





tronik bis hin zu Batterien ist es aus technischer Perspektive vergleichsweise schwer, die einzelnen Stoffe zurück in den Kreislauf zu bekommen.

Ein wichtigerer Schritt ist für Birkel, bereits in der Designphase eines Produkts eine künftige Wiederverwendung oder Materialaufbereitung gleich mitzudenken. „Hier werden über 70 Prozent der umweltbezogenen Einflüsse und Lebenszykluskosten bestimmt.“ Dafür müssten aus wissenschaftlicher Sicht andere Baumaterialien eingesetzt und eine Reparatur langfristig vordefiniert werden. Manche Handyanbieter ermöglichen nicht nur den Austausch der Batterie nach dem Baukastenprinzip, sondern auch das einfache Umrüsten anderer Hardwarekomponenten, etwa der Kamera.

Das bedeutet aber für einzelne Unternehmen, dass sie ihre gesamte Produktpalette neu konzipieren müssten. Hinzu kommt der Aufwand, gegebenenfalls neue Lieferanten in gewünschter Qualität zu finden und so möglicherweise eine Lieferkette inklusive neuer Fertigungsverfahren vollkommen neu zu etablieren. „Das kostet viel Zeit“, drückt es Birkel zurückhaltend aus.

Gleichzeitig hebt er den bereits angestoßenen gesellschaftlichen Wandel hervor, der eine nachhaltigere Konsumkultur bewirkt. Kleine Formen der Sharing-Economy verzichten beispielsweise auf alleiniges Eigentum und versuchen, Autos, Gartenmaschinen oder andere Produkte zu teilen. Eine hilfreiche Lenkungsfunktion spricht Birkel auch dem Produktpreis zu. Spiegelt ein T-Shirt-Preis zusätzlich zu den Herstellungskosten auch Verbrauch und Verschmutzung von Wasser wider, wären nachhaltigere, weil wiederverwendbare Produkte billiger.

**Praktikable Alternative?**

Es zeigt sich, dass unser Wirtschaftssystem ein ordnungsrechtlich implementiertes Verursacherprinzip benötigt. Im Preis für Produkte und Dienstleistungen muss sich Verbrauch und Verschmutzung letztlich knapper Umweltressourcen wie Wasser, Luft oder Land wiederfinden. Dadurch würde es sich lohnen, rohstoffsparende Kreisläufe aufzubauen und dem Ziel einer dekarbonisierten Wirtschaft näherzukommen. Verbraucher/-innen und Anbieter/-innen hätten durch die Preishöhe eines Produkts ein klares Signal, wie klimafreundlich und damit auch menschengerecht eine Ware ist. Gelingt allerdings auf nationaler, europäischer und globaler Ebene dieser Umbau nicht, ist das jetzige Wirtschaftssystem gescheitert. Und eine praktikable Alternative ist nicht in Sicht.

■ Thomas Tjiang

Illustration: Roland Hallmeier

blind aufgegeben werden. Vielmehr muss sich der Einkäufer davon überzeugen, dass hierzu die Arbeiter/-innen nicht Tag und Nacht zur Einhaltung der knappen Lieferfrist eingespannt werden. Überhaupt gehören T-Shirts als Inbegriff einer Wegwerfgesellschaft zu den besonders problematischen Produkten. Lücken in dem Ordnungsrahmen erlauben es, die Kosten der Umweltbelastungen nicht der T-Shirt-Produktion anzulasten. Nur deswegen ist ein Markt für Fast Fashion in diesem Ausmaß überhaupt möglich. Dabei verursacht allein der Anbau von Baumwolle und anderen Fasern für die weltweite Textil- und Bekleidungsindustrie einen immensen Wasserverbrauch – auch in Regionen, in denen Wasser knapp ist.

**Bessere Option: Kreislaufwirtschaft**

Die EU hat explizit auf diesen Missstand hingewiesen. Sie erarbeitet daher einen Aktionsplan für eine kohlenstoffneutrale, ökologisch nachhaltige und schadstofffreie Kreislaufwirtschaft. „Denn bei dieser Art zu wirtschaften brauchte die Menschheit im Jahr 2050 die Ressourcen von drei Erden, um den Bedarf des Produzierens und Wegwerfens zu decken“, mahnt Prof. Dr. Evi Hartmann, Inhaberin des Lehrstuhls für Supply Chain Management.

Von der Vision eines zirkulären Lieferkettenmanagements ist auch ihr Mitarbeiter Dr. Hendrik Birkel überzeugt. „Die Kreislaufwirtschaft ist der erste essenzielle Schritt zur tatsächlichen Nachhaltigkeit.“ Dabei geht es darum, den linearen Prozess vom Rohstoffanbau über Verarbeitung und Verbrauch bis hin zur Müllkippe zu überdenken. Im Idealfall fließen die Bestandteile eines Produktes wieder als Rohstoffe für eine neue technische Produktion zurück in den Herstellungs- und Beschaffungskreislauf. Natürliche Bestandteile kehren entsprechend zurück in den biologischen Kreislauf.

Das klingt einfacher, als es in der Praxis ist. Stahl etwa kann je nach Qualität gut recycelt und wiederverwendet werden. Pappkartons, in denen Bananen um die Welt geschifft werden, lassen sich zwar auch gut wiederverwerten, aber mit jedem Wiederverarbeitungsprozess werden die Papierfasern kürzer und somit weitere Anwendungsmöglichkeiten stetig reduziert. Bei Elek-

**Ressource Wasser**

Für die Herstellung eines einzigen Baumwoll-T-Shirts werden schätzungsweise 2700 Liter Süßwasser benötigt. Das entspricht der Menge, die eine Person in 2,5 Jahren trinkt. Zudem verursachen das Färben und Veredeln von Textilien schätzungsweise rund 20 Prozent der weltweiten Wasserverschmutzung. Durch den Kauf von Textilien in der EU wurden im Jahr 2017 pro Person rund 654 Kilogramm CO2-Emissionen ausgelöst. Der weltweite Anteil der Bekleidungs- und Schuhindustrie wird für zehn Prozent der weltweiten Treibhausgase verantwortlich gemacht.



Wir sind Paessler. Wir übernehmen Verantwortung.

Wusstest du, dass die Überwachung von IT-Infrastrukturen einen echten Nutzen für die Umwelt schaffen kann?

Der Grund: Intelligente Daten können dazu beitragen, dass die unterschiedlichen Prozesse in Unternehmen umweltschonender werden. Die Erfolge von Optimierungen und Einsparungen sind schlichtweg größer, wenn man weiß, wo man ansetzen muss.

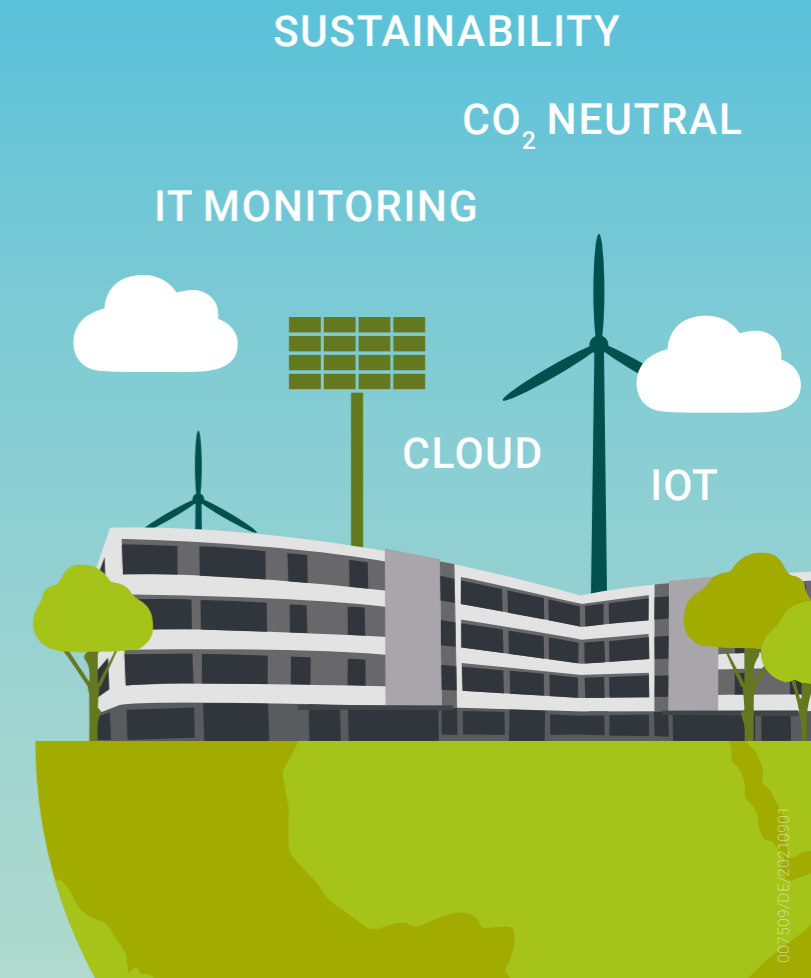
Während wir bei Paessler seit 1997 an einigen der besten IT-Monitoring-Tools auf dem Markt arbeiten, tragen wir dazu bei, den Ressourcenverbrauch der Menschheit zu reduzieren.

Diese Entwicklung ist klar im Aufschwung: In einer Kundenbefragung gaben 37 % unserer Kunden an, dass sie bereits damit begonnen haben, neue nachhaltige IT-Strategien in ihrem Unternehmen zu implementieren und 22 % werden dies im nächsten Jahr tun.

Wir bieten Lösungen für Unternehmen aller Branchen und Größen an, von KMUs bis hin zu Großunternehmen. Momentan haben wir mehrere interessante offene Stellen in unserem Unternehmen.

Möchtest du uns bei unserer Mission begleiten? Dann werde ein Teil des Teams und übernehme auch du Verantwortung!

**BEWIRB DICH JETZT**  
**WWW.PAESSLER.COM/JOBS**





# Schöne neue Arbeitswelt



Die Corona-Pandemie hat die Arbeitswelt verändert, digitaler gemacht. Handelt es sich dabei nur um ein kurzfristiges Anpassen an neue Umstände – oder um ein längerfristiges Umdenken?

**A**rbeiten, wann immer wir wollen. Die Frühaufsteherin legt um neun Uhr eine erste kurze Pause ein, der Morgenmuffel steht da gerade auf. Weil der Laptop meine Nabelschnur in die Firma ist, kann ich in der Küche, am heimischen Schreibtisch oder auch unterwegs arbeiten. Feierabend ist, wenn ich es will. Auch mal erst um 21 Uhr, wenn ich noch die Kinder ins Bett gebracht habe. Schöne neue Arbeitswelt. Corona sei Dank? Mit der Pandemie rutschten viele notgedrungen ins Homeoffice. Chef/-innen mussten lernen loszulassen und zu vertrauen. Darauf, dass ihre Mitarbeitenden zu Hause genauso viel leisten wie im Büro, wo sie sie im Blick haben. Im Laufe der Coronakrise zeigte sich jedoch: In der Heimarbeit stieg die Zahl der Überstunden. Die Umfrage „People at Work 2021: A Global Workforce View“ untersuchte das Verhalten von 32.000 Arbeitnehmer/-innen in 17 Ländern und zeigte: Bei der Anzahl der unbezahlten Überstunden war ein deutlicher Anstieg von durchschnittlich 7,3 auf 9,2 Stunden pro Woche zu verzeichnen. Die Pandemie legte die Arbeitswelt, wie wir sie kannten, lahm. „Was geblieben ist, ist das Bewusstsein dafür, wie man auch arbeiten kann. Es haben sich neue Möglichkeiten eröffnet“, zieht Amanda Voss vom Lehrstuhl für Arbeits- und Sozialmedizin der FAU eine erste positive Bilanz. Die Doktorandin gehört zu der Arbeitsgruppe Public Health am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin (IPASUM) der FAU. Für die „Langzeitstudie Gesundheit und Arbeit infolge der Coronakrise“ befragte diese im Herbst 2020 über 280 Arbeitnehmer/-innen. „15 Prozent möchten auch nach der Pandemie immer im Homeoffice arbeiten, knapp über 20 Prozent nie. Zwischen diesen beiden Polen sind die Bedarfe und Wünsche sehr gemischt“, sagt die Soziologin. Jeder müsse schauen, was ihm guttue. Es sei aber wichtig, dass sich Unternehmen und Angestellte darüber austauschen, was funktioniert und was weniger.

Foto: Uwe Niklas

## Flexibilität wird geschätzt

Es gibt diejenigen, die am Homeoffice schätzen, dass sie Pausen machen können, wenn es Sinn ergibt. Und nicht unbedingt dann, wenn im Büro alle in die Kantine gehen. Die Arbeitsstättenverordnung verlangt, dass man nicht den ganzen Tag in den PC starrt. Zu Hause kann ich den Geschirrspüler ausräumen und dabei die Perspektive wechseln. Einige sind froh, wenn sie die Kolleg/-innen nicht jeden Tag sehen. Andere vermissen den Arbeitsplatz, weil sie dort auch über Privates reden können. „Wobei es gut möglich ist, sich auch virtuell über private und praktische Dinge auszutauschen. Vorausgesetzt, das Team ist gut eingespielt“, sagt Amanda Voss. Die meisten Beschäftigten wünschen sich ein paar Tage pro Woche im Homeoffice und ein paar Tage im Büro. Dort lassen sich Dinge gemeinsam bearbeiten, zu Hause kann man Aufgaben in Ruhe erledigen. Wenn es die Familiensituation zulässt. „In der Pandemie kamen mit dem Home-schooling und der fehlenden Kinderbetreuung Stressfaktoren hinzu, die nichts mit Homeoffice zu tun haben“, sagt Voss. Das erschwere die Auswertung der Befragung mit Blick darauf, welche Lehren aus der Coronakrise gezogen werden sollten. Voss hofft: „Von der Pandemie könnte das Bewusstsein bleiben, dass wir nicht so weiterarbeiten müssen wie in den letzten 50 Jahren.“ Veränderung ist wünschenswert, findet auch Prof. Dr. Sven Laumer vom Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik an der FAU. „Wir müssen aber berücksichtigen, dass unterschiedliche Dinge, die wir während der Arbeit tun, unterschiedliche Konstellationen von Online- und Offline-Tätigkeiten erfordern. Wenn ich alleine arbeite und mich auf eine Aufgabe konzentrieren muss, brauche ich Ruhe. Die kann ich im Büro finden, wenn ich mich da zurückziehen kann, oder auch im Homeoffice.“ Andererseits sind immer wieder auch Dinge im Team zu tun.

## Wie können neue Arbeitsstrukturen aussehen?

Wenn sich die Gruppe kennt und schon Vertrauen aufgebaut ist, könne man das online machen. „Aber besonders, wenn ein neues Mitglied ins Team kommt oder ein neues Projekt ansteht, ist es sinnvoll, dass man offline in den direkten Kontakt geht.“ Dabei muss einerseits das Vertrauen wachsen, dass der andere tatsächlich kann, was er verspricht. Andererseits geht es um die emotionale Basis. Die Suche nach gelungenen Arbeitsstrukturen führt also weder allein ins Homeoffice noch schnurstracks zurück ins Büro. Die Mischung macht's. „Wichtig für Innovation und Kreativität sind auch die zufälligen Begegnungen am Arbeitsplatz“, betont Wirtschaftsinformatiker Sven Laumer.

## Ausbau des Homeoffice?

Wird das Homeoffice nach der Pandemie noch stärker ausgeweitet? Trotz generell weitgehend positiver Erfahrungen stehen dem laut dem Arbeitswelt-Bericht 2021 viele Unternehmen skeptisch gegenüber: 55 Prozent der befragten Unternehmen, die das Homeoffice nicht ausbauen wollen, finden, dass sich die Zusammenarbeit erschwere. 39 Prozent beobachten negative Auswirkungen auf die Unternehmenskultur. Der Arbeitswelt-Bericht wird vom Rat der Arbeitswelt veröffentlicht, einem Expertengremium, das das Bundesministerium für Arbeit und Soziales Anfang 2020 erstmals öffentlich vorgestellt hat.



## Die Pandemie hat deutlich gemacht, wie groß die Herausforderung ist, eine gute Mischung aus Online- und Offline-Arbeit zu erreichen.

Im Aufzug oder in der Kantine treffe ich Leute, die nicht in meinem Team sind. Doch gerade in zufälligen Gesprächen können neue Ideen entstehen. Diese Zufallskontakte waren Yahoo und der Bank of America so wichtig, dass sie schon vor Jahren nach einer Zeit des reinen Homeoffice ihre Mitarbeitenden zurück in die Büros beordert haben.

Die Pandemie hat deutlich gemacht, wie groß die Herausforderung ist, eine gute Mischung aus Online- und Offline-Arbeit zu erreichen. Laumer: „Wir stehen an dem Punkt, dass Unternehmen überlegen, wie sie Räume für konzentriertes Arbeiten einerseits und für Teamarbeit sowie soziale Kontakte andererseits organisieren.“ Einige Unternehmen kommen zu dem Schluss, dass sie keine festen Schreibtische mehr brauchen. „Sie planen stattdessen mit mehr Flächen für Austausch und Kommunikation.“

So kann es sein, dass Teams montags und dienstags zu Hause arbeiten, mittwochs und donnerstags in der Firma zusammenkommen und am Freitag jeder für sich entscheidet, wo er arbeitet. Dabei sei zu bedenken, dass sich unterschiedliche Arbeitsgruppen auch im Büro treffen und austauschen können. Wegen der Kreativität.

### Austausch über Erfahrungen ist wichtig

Haben Mitarbeitende zu Hause keine Ruhe, kann ein Co-Working-Space die Antwort sein. „Wenn Angestellte aus Weißenburg bisher jeden Tag in den Firmensitz nach Nürnberg gependelt sind, kann man sich schon fragen, ob das sein muss“, sagt Laumer. Es wäre auch möglich, zusammen mit anderen Firmen in Weißenburg einen Co-Working-Space zu mieten. Dann haben die eigenen Leute dort gleich noch neuen Input, und sie müssen nur noch ein- oder zweimal pro Woche nach Nürnberg fahren. Was wiederum gut ist für die Umwelt. Unternehmen in Nürnberg denken gerade über solche Lösungen nach.

Seit Corona ist klar: Arbeiten wird flexibler. Aber kommen damit alle Menschen gut klar? Viele neigen im Homeoffice zur Selbstausbeutung. Nach einer Studie der Hans-Böckler-Stiftung empfindet die Hälfte der Erwerbstätigen ihre Situation im Homeoffice stark oder äußerst belastend, bei Alleinerziehenden oder Geringverdienern sind es 62 Prozent.

### Widersprüchlich

Das Studienbild ist kontrovers: Während manche Studien, zum Beispiel vom Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, von einer Retraditionalisierung sprechen, weil viele Frauen mit Kindern in der Coronazeit ihre Arbeitszeit reduziert oder sogar die Arbeit aufgegeben hätten, zeigen andere Studien, etwa vom Wiesbadener Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung, dass im Lockdown auch die Männer mehr Familienarbeit übernommen haben.

Daheim fällt es oft schwer, Privates von der Arbeit zu trennen. Man müsse immer wieder den Dialog mit der Familie suchen und sagen, dass man nebenher eben nicht die ganze Hausarbeit erledigen kann, sagt Sven Laumer. Er geht davon aus, dass Firmen ihre Angestellten auf die neuen Arbeitsmodelle vorbereiten müssen. „Die Mitarbeitenden brauchen die Möglichkeit, über ihre Erfahrungen zu sprechen. Und zwar nicht mit der Chefin oder dem Chef, da sind die Ängste zu groß. Wir brauchen neue Coaches für die neue Arbeitswelt.“ Der eine arbeitet gern mit Headset im Café, der andere im Wohnmobil. „Die Grenzen der Flexibilität sind erreicht, wenn die Produktivität eingeschränkt ist und es der Gesundheit schadet“, sagt Laumer. Unternehmen sollten sich auch überlegen, was sie ihrem Personal bieten. „Ihnen zu Hause einen ergonomisch guten Arbeitsplatz einzurichten, trägt zur Gesundheit der Mitarbeitenden ebenso bei wie dazu, Fachkräfte an die Firma zu binden.“ In Zeiten eines Arbeitnehmer/-innen-Arbeitsmarktes ein wichtiger Aspekt.

### Corona, kein Digitalisierungsbeschleuniger?

Aber was ist dran an der These von Jutta Allmendinger, Geschäftsführerin des Wissenschaftszentrums Berlin für Sozialforschung (WZB), dass im Homeoffice die Karrierechancen für Frauen stark sinken, schlicht weil sie in den Unternehmen nicht mehr so sichtbar sind? Für Laumer ist die Gefahr, an Sichtbarkeit zu verlieren, eher eine Persönlichkeits- als eine Gender-Frage. „Extrovertierte Menschen können Online-Konferenzen dominieren, sie verschaffen sich Präsenz. Das können Frauen wie Männer sein.“ Wer zurückhaltend ist und in einem Online-Meeting nichts sagt, erscheint auch nie in der großen Kachel, deutlich sichtbar für alle, auf dem PC-Bildschirm. Während diese Person offline im Besprechungsraum zumindest körperlich Präsenz zeigt, findet sie online gleichsam nicht statt. Für Prof. Dr. Sabine Pfeiffer, Leiterin des Lehrstuhls für Soziologie mit dem Schwerpunkt Technik – Arbeit – Gesellschaft an der FAU, stellt sich die Frage, ob wir langfristig auf Firmen als soziale Begegnungsorte verzichten möchten. „Leisten wir uns die Vereinzelung oder ist eine Firma mehr als das?“

Im Unternehmen erleben sich alle als Teil eines großen Ganzen, dort entstehen Innovationen. „Management-Literatur und Unternehmensberatungen befassen sich mit dem Thema, wie Mitarbeitende involviert und begeistert werden können. Dafür sind persönliche Treffen ein wichtiger Treibriemen“, ist Pfeiffer überzeugt. Sie geht davon aus, dass die Unternehmen in den nächsten Jahren ausprobieren werden, welche Modelle für sie am besten passen.

„Das Thema Heimarbeit ist aber nicht neu, wir kennen das schon aus den 1990er-Jahren von

der Telearbeit.“ Seit Corona hätten die Prozesse nur mehr Tempo bekommen. Mit zwiespältigen Konsequenzen. Sabine Pfeiffer betrachtet den üblichen Diskurs, der begeistert davon schwärmt, wie sehr die Coronakrise die Digitalisierung beschleunigt hat, eher skeptisch: „Bei gerade mal 25 Prozent der Berufstätigen lässt die Arbeit es überhaupt zu, dass sie für längere Zeit im Homeoffice sind. In der Pflege oder bei der Maschinenarbeit geht das zum Beispiel gar nicht.“

Die Forschung zeige außerdem, dass sich Kolleginnen und Kollegen jetzt zwar mehr bei Online-Konferenzen treffen, „ansonsten schreiben sie sich aber weiterhin Mails und nutzen fortschrittlichere Tools wie das gemeinsame Arbeiten in der Cloud auch nicht häufiger als vorher.“ Corona ist für Pfeiffer kein großer Digitalisierungsbeschleuniger, „wir haben nur nachgeholt, was vorher schon möglich war.“ Auch die Hoffnung, im Homeoffice flexibler arbeiten zu können, werde mit vielen zusätzlichen Stressfaktoren bezahlt. „Die Arbeit verdichtet sich im Homeoffice. Der Freiraum, der entsteht, weil man nicht zur Arbeit pendeln muss, füllt sich schnell mit Aufgaben. Wenn eine Kollegin fragt, ob man noch ein Online-Meeting ansetzen kann, sagt man eben nicht Nein. Neben der Konferenz erledigt man dann zusätzlich seine Mails, weil dafür sonst keine Zeit bleibt. Oder man beruhigt die Kinder. Dabei ist der Mensch eigentlich gar nicht multitaskingfähig.“

### Welche Veränderungen werden bleiben?

Der Stress kann gesundheitliche Folgen haben. Außerdem habe sich gezeigt, dass die Familienarbeit im Homeoffice mehr an den Frauen hängen bleibt. „Das ändert sich auch nicht, wenn beide Partner zu Hause arbeiten.“ Im Privaten seien die Rollenverhältnisse altmodischer als gedacht, sagt Pfeiffer. „In der Pandemie haben sich die strukturellen Unterschiede zwischen den Geschlechtern eher verstärkt.“

Was sollte also bleiben von den Umwälzungen der Coronakrise? Sabine Pfeiffer hofft ebenso

wie Sven Laumer und Amanda Voss, dass dauerhaft weniger zu Geschäftsterminen gereist wird. „Es ist aber schwierig, da Prognosen aufzustellen“, sagt Pfeiffer. Sie geht davon aus, dass in Unternehmen häufiger die Frage gestellt wird, ob es bei einem Geschäftstermin um Inhalte geht, die gut online abgehandelt werden können, oder ob auch die informelle Seite wichtig ist. Etwa weil sich Geschäftspartner erst kennenlernen und vielleicht schon am Abend vor dem Meeting miteinander beim Essen plaudern sollten.

Zu Beginn der Pandemie war die Hoffnung groß, dass mit der Krise auch ein ökologisches Umdenken stattfindet. „Plötzlich waren die Städte leiser, das fanden viele toll. Doch das allein reicht nicht“, sagt Pfeiffer. „Wenn wir ökologisch umschwenken wollen, darf es in der Wirtschaft nicht länger primär um schnelles Wachstum gehen, sondern mehr um Nachhaltigkeit und Qualität.“

Die Pandemie habe die Probleme deutlich gezeigt – etwa dass Pflegekräfte notorisch schlecht bezahlt werden, weil auch Krankenhäuser Profit abwerfen sollen. Aber für die Lösungen müssten sich Politik und engagierte Bürger/-innen jetzt stark machen. Eine neue Arbeitswelt, in der sich möglichst viele wohlfühlen und in der kein Neid entsteht, weil einige im Homeoffice arbeiten können und andere nicht, ist nur im gemeinsamen Diskurs aller Beteiligten zu bekommen. Nachhaltiges Wirtschaften und eine ökologisch denkende Gesellschaft erst recht.

### Ute Möller



Foto: Uwe Niklas



Überraschend aus dem Nichts aufgetaucht, war sie da und hat die Welt in einer düsteren Zeit ein bisschen fröhlicher gemacht. Nun ist sie nach einem kurzen Leben von uns gegangen:

## Jerusalema Dance Challenge

★ 2020 † 2021

In stiller Trauer verabschieden sich begeisterte Mitmacher/-innen, denen sie für kurze Zeit Freude bereitet hat, und all jene, die gerne mitgemacht hätten, aber zu spät von ihr erfahren haben.



Collage: Peter Hermes Furian (Foto), Christian Harnoth (Grafik)

# Gekommen, um zu gehen

Sie tauchen auf aus dem Nichts, vereinnahmen alles und jeden – und sind nach kurzer Zeit wieder vergessen: Trends sind das Gegenteil von Nachhaltigkeit.

Erst im Trend-Limbus fristen sie ein „nachhaltiges“ Leben.

Ich erwachte an einem Ort, an dem ich noch nie zuvor gewesen war. Ein endloser Gang, der Fußboden, die Wände, ja selbst die Decke waren schneeweiß gefliest, die Fugen zwischen den polierten Quadraten kaum auszumachen. Unzählige weiß getäfelte Türen gingen von diesem unwirklichen Schlauch ab. Ich konnte das Ende des Gangs nicht annähernd erkennen, er verlief sich einfach in der Ferne wie in einem Traum. Traum, das musste es sein. Ich träumte. Es gab keine andere Erklärung.

„Dies ist kein Traum“, flötete eine helle, freundliche Stimme, die aus den Fliesen selbst zu kommen schien. „Herzlich willkommen, wir haben Sie schon erwartet. Sie werden Ihr Zimmer sicher finden.“

Jetzt war ich mir sicher, dass ich träumte.

„Ich kann Ihnen versichern, dass Sie nicht träumen“, echote es aus dem Nirgendwo und Überall zurück.

„Wo bin ich hier? Wie komme ich hierher?“ Ich konnte selbst nicht verstehen, warum ich der Stimme antwortete.

„Sie sind im Archiv. Dort, wo Sie hingehören. Bitte begeben Sie sich in Ihr Zimmer. Die Ordnung muss gewahrt werden.“

Archiv? Ordnung? Ich verstand nicht, wovon die Stimme sprach. Ich hatte doch meinen Platz in der Welt. Ich war überall! Ich war auf Instagram, auf TikTok, auf Snapchat, ich war auf der ganzen Welt gleichzeitig und überall. Der halbe Erdball huldigte mir, kam nicht ohne mich aus. Ich musste zurück aus diesem schlechten Traum, zurück in die Realität, die ohne mich so viel ärmer und langweiliger war. Sicher vermissen sie mich schon, ich war der heißeste Trend der Welt und würde es noch lange sein.

„Niemand vermisst Sie. Machen Sie sich keine Gedanken. Dies ist nun Ihr neues Zuhause. Wir kümmern uns um Sie. Bitte begeben Sie sich nun in Ihr Zimmer.“

Vorsichtig tat ich den ersten Schritt und fühlte mich dabei leicht wie eine Feder. All der Trubel und die Euphorie der letzten Tage und Wochen war wie weggeblasen. Mein Blick fiel auf die erste Tür zu meiner Linken, auf der ein kleines, transparentes Schild angebracht war, auf das jemand unleserlich einen Namen geschrieben hatte. Neugierig rüttelte ich an der Tür, bis sie mit einem leisen Klicken aufschwang. Noch bevor ich einen Blick in den Raum hinter der Tür werfen konnte, steckte mir eine unsichtbare Hand einen Löffel in den Mund und lud eine Ladung Pulver auf meiner Zunge ab. Augenblicklich wurde sämtliche Feuchtigkeit aus meinem Mund, ja meinem ganzen Körper gezogen. Meine Kehle rebellierte, schnürte sich zusammen, und ohne dass ich es kontrollieren konnte, entlud sich mein Körper in einem gigantischen Hustenanfall, der mich springen und zittern, das braune Pulver aus meinem Mund sprühen und mir Tränen in die Augen steigen ließ. Zimt, na klar. Wie kam denn dieser Trend hierher, und warum wurde er in dem Raum gefangen gehalten? Mit einem entschlossenen Ruck schmiss ich die Tür zurück ins Schloss und spuckte röchelnd das braune Pulver in den Flur. Langsam beruhigte ich mich wieder, als die helle Stimme erneut ertönte: „Sie können gerne in alle Räume gehen und das Archiv erkunden. Aber bitte trödeln Sie nicht, Ihr Zimmer wartet bereits.“

Vorsichtig ging ich zur nächsten Tür und öffnete sie einen winzigen Spalt, ohne das Schild genauer anzusehen. Nichts geschah. Hinter der Tür schien einfach nur ein schwarzer Raum zu sein. So viel zu diesem Archiv, von dem die Traumstimme sprach. Welches Archiv verfügt über leere, unbeleuchtete Räume? Ich tastete nach einem Lichtschalter, fand aber keinen. Als ich mir sicher war, dass hinter der Tür nichts war, ging ich einen Schritt in den dunklen Raum und gefror schlagartig, als mich ein Schwall eiskaltes Wasser traf. Ich spürte deutlich einzelne Eiswürfel auf mich regnen. Das Wasser war so kalt, dass mir nicht einmal mehr ein Schrei über die Lippen kommen wollte. Ich war völlig durchnässt und unfähig, mich auch nur einen Millimeter zu bewegen. Nach endlosen Minuten, in denen das Gefühl langsam wieder in meine schockgefrosteten Glieder kroch, verließ ich den Raum, schloss die Tür hinter mir und atmete kurz durch. Manche Trends waren wirklich unangenehm.

Was ging hier vor? Meine Neugier kannte keine Grenzen mehr. Tropfend nass und frierend öffnete ich die nächste Tür. Ein dröhnender Beat schlug mir entgegen, der ganze Raum glitzerte und blinkte wie eine Großraumdisco. Tänzerinnen und Tänzer verbogen sich und wedelten mit ihren Händen. Ohne dass ich es gemerkt hatte, tanzte auch ich im Rhythmus der Musik – unfähig, bei diesem Beat stillzustehen. Ich verstand kein Wort vom Gesang irgendeiner fremden Stimme, der auf mich einprasselte. Aber das machte nichts – ganz im Gegenteil, irgendwie wurde der Song dadurch sogar noch besser. Das dazugehörige Musikvideo war lange Zeit das erfolgreichste Video der Welt auf Youtube, Milliarden (ja, Milliarden!) von Klicks und Views. Für einige Wochen gab es nur diesen Song, dieses Video – und dann lange nichts. Ich hatte schon lange nicht mehr daran gedacht, musste ich mir eingestehen.

Und plötzlich fiel es mir wie Schuppen von den Augen: Ich war im Trend-Limbus gelandet. Meine Zeit im Scheinwerferlicht war abgelaufen.

„Schön, dass Sie das so schnell selbst eingesehen haben“, flötete die Stimme von überall und nirgendwo. „Sicher fällt es Ihnen schwer, sich an den Gedanken zu gewöhnen. Das ist normal, glauben Sie mir.“

Ich versuchte, meine Gedanken in Worte zu fassen. „Bedeutet dies, dass ich out bin? Erinnern sich die Menschen denn nicht mehr an all die guten Augenblicke, die ich ihnen gegeben habe? Niemand?“

„Doch, sicher erinnern sich die Menschen an Sie. Aber nur sehr selten und mit einem Gefühl von Wehmut und Vergänglichkeit. Aber machen Sie sich keine Sorgen um die Menschen, die haben bereits einige neue Trends und Hypes gefunden, mit denen sie sich die Zeit vertreiben. Und nun bitte ich Sie, sich in Ihr Zimmer zu begeben. Unser Archiv ist tausende von Jahre alt, und wir haben nicht ewig Zeit.“

Resigniert machte ich mich auf den Weg durch den schier endlosen Gang. Nun gut, dachte ich mir, das ging schneller als gedacht. Aber wenigstens war ich berühmt – wenn auch nur für wenige Tage.

■ Eine Kurzgeschichte von Immanuel Reinschlüssel



## Autor/-innen

### Katrin Götz-Votteler

ist promovierte Anglistin und am Zentralinstitut für Wissenschaftsreflexion und Schlüsselqualifikationen (ZiWiS) tätig, wo sie sich mit der Vermittlung und gesellschaftlichen Akzeptanz wissenschaftsbezogener Themen beschäftigt.

### Simone Hespers

wurde in Kunstgeschichte promoviert und arbeitet am ZiWiS zu aktuellen gesellschaftsrelevanten Themen, vor allem aus der Perspektive der Visualität.

### Roland Knauer

ist promovierter Naturwissenschaftler, er lebt und arbeitet als Journalist und Autor mit dem Schwerpunkt Naturwissenschaften in der Marktgemeinde Lehnin.

### Michael Kniess

hat Politikwissenschaft und Soziologie an der FAU studiert. Seit seinem Volontariat schreibt er als freier Journalist und Autor unter anderem für heute.de, die Welt am Sonntag und die Nürnberger Zeitung.

### Sandra Kurze

ist PR-Frau und Wissenschaftskommunikatorin an der FAU. Sie schreibt über spuckende Karpfen, Zombie-Sterne und andere Phänomene, die die Wissenschaft bewegen.

### Ute Möller

ist freie Journalistin, Herausgeberin des Empowerment-Magazins für Franken „Flamingo und Dosenbier“, Gastgeberin des Podcasts „Be49 – der Empowerment-Podcast für Franken“ und Moderatorin. Zuvor war sie Redakteurin der Nürnberger Nachrichten.

### Matthias Münch

studierte Soziologie und arbeitete als freier Journalist. Seit 2001 unterstützt er Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen bei der Öffentlichkeitsarbeit und Corporate Communication.

### Mathias Orgeldinger

ist promovierter Diplom-Biologe und freier Journalist. Er schreibt und fotografiert für verschiedene Zeitungen und Zeitschriften.

### Deborah Pirchner

hat American Studies an der University of Nottingham, UK, studiert. Zurzeit absolviert sie ihr Volontariat in der Stabsstelle Presse und Kommunikation an der FAU.

### Immanuel Reinschlüssel

ist Mitbegründer des Fürther Autoren-duos „Die Schaffenskrise“. Neben Veröffentlichungen in Anthologien publizierte er zwei Kurzgeschichtenbände, zwei Lyrikbände sowie ein Hörbuch.

### Susanne Stemmler

ist promovierte Volljuristin und war viele Jahre Redakteurin bei der Nürnberger Zeitung (Recht/Politik). Inzwischen arbeitet sie als freie Journalistin.

### Sebastian Teichert

forscht und lehrt am GeoZentrum Nordbayern der FAU. Zugleich schreibt er als begeisterter Wissenschaftskommunikator über Themen aus dem Umfeld seiner Forschung.

### Thomas Tjiang

arbeitet seit seinem Master-Studium an der FAU als freier Journalist. Seine Themenschwerpunkte sind Unternehmen, Wirtschaft und Soziales.

### Elke Zapf

ist freiberufliche Kommunikationsexpertin und Wissenschaftsjournalistin. Sie lebt und arbeitet in Nürnberg.

## Fotografen

### David Hartfiel

hat Kommunikationsdesign mit dem Schwerpunkt Fotografie in Nürnberg studiert und ist seitdem als Fotograf tätig. Seit 2016 ist er Dozent für Fotografie an der Technischen Hochschule Nürnberg.

### Uwe Niklas

hat Fotodesign an der Fachhochschule Nürnberg studiert und ist seit 1999 als selbstständiger Fotograf tätig. Seit 2015 ist er zudem an der Hochschule Ansbach Dozent für Fotografie.

## Illustrator/-innen

### Ursula Auer

ist Grafikerin aus Leidenschaft. Sie hat Kommunikations-Design studiert und arbeitet unter anderem in der Grafikabteilung der FAU.

### Roland Hallmeier

arbeitet am Institut für Lern-Innovation der FAU. In seiner Freizeit fertigt er gerne Illustrationen zu verschiedenen Themen an.

## Impressum

### Herausgeber

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Schlossplatz 4,  
91054 Erlangen  
www.fau.de

### Verantwortlich

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Stabsstelle Presse und  
Kommunikation  
Blandina Mangelkramer  
09131/85-70229  
presse@fau.de

### Redaktion

Katrin Piecha

### Lektorat

Peter Werther

### Gestaltung

zur.gestaltung, Nürnberg

### Druck

Nova Druck Goppert GmbH

### Anzeigen

Kulturidee, Nürnberg  
Verena Rudert  
09 11/8 10 26 25  
verena.rudert@kulturidee.de

### Titelfoto

Uwe Niklas

### Auflage

6.500 Exemplare

Umwelt-Siegel

# Entdecke die gesamte Kollektion der FAU.



fau-shop.de



# Mit Software zur Perfektion

– Präzision erleben  
und hinterfragen.



Seeing beyond



Über 600  
offene  
Stellen!

## Softwareentwicklung in der Halbleiterfertigungstechnik

Ella liebt den Aha-Effekt, wenn sich komplizierte Sachverhalte auf einmal physikalisch erklären lassen. „Ich wollte die Welt verstehen – Physik bietet ein tiefes Verständnis für alle Vorgänge um uns herum“, sagt die studierte Physikerin. Bei ZEISS entwickelt Ella Software für die Vermessung von Lithographie-Optiken. Damit begleitet sie die Optiken softwaretechnisch auf dem Weg zur Perfektion, misst die Temperaturen, Zeiten, Reflexionen sowie die Bewegungen von Aktuatoren. Höchste Präzision gehört dabei auch als Softwareentwicklerin zu ihrem Alltag und das ist es auch, was Ella antreibt: „Wir bauen hier echt krasse Maschinen. Wir arbeiten an den präzisesten Optiken der Welt und das spricht mich als Physikerin und auch als Softwareentwicklerin wirklich an.“

Erfahre mehr über Ella und Jobs in der Halbleiterfertigungstechnik: [zeiss.de/arbeitenbeizeiss](https://zeiss.de/arbeitenbeizeiss)