

SONDERAUSGABE // KLIMASCHUTZ
SPECIAL EDITION // CLIMATE PROTECTION

**Tauwetter in der
Antarktis**
Thawing Weather
in Antarctica

**Wie sich der Rhythmus
der Natur verändert**
How Natural Rhythms
Are Changing

**Fleischersatz aus
dem Bioreaktor**
Meat Alternatives
from Bioreactor

**See wird Wüste
wird See**
From Lake to Desert
and Back Again

KLIMASCHUTZ // CLIMATE PROTECTION

Ausgabe Issue 53 | 2020

ATTEMPTO!





Gestalten Sie Ihre Zukunft – in den Rems-Murr-Kliniken

Das 2014 neu erbaute Rems-Murr-Klinikum Winnenden ist ein Haus der Zentralversorgung in unmittelbarer Nähe zur Landeshauptstadt Stuttgart. Mit seinen medizinischen Schwerpunkten, Zertifizierungen und Zentren agiert das Klinikum nicht nur auf dem neusten medizinischen Stand, sondern zeichnet sich auch als akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen und somit als attraktiver Ausbildungsort für Studentinnen und Studenten der Medizin

aus. Mit zahlreichen Zusatzangeboten unterstützen Sie die Rems-Murr-Kliniken in Ihrem Praktischen Jahr unter anderem mit einem Mentorenprogramm, der Teilnahme am internen Fort- und Weiterbildungsprogramm, einer monatlichen Vergütung in Höhe von 400 Euro, einer Auswahl von Sachleistungen, wie z.B. Wohnen in Kliniknähe, Verpflegung in der klinikeigenen Cafeteria oder einem Zuschuss zum öffentlichen Nahverkehr mit bis zu 325 Euro monatlich.

PRAKTISCH NUR NOCH EIN JAHR!

Mit Vollgas auf die Zielgerade bei den Rems-Murr-Kliniken!



In Ihrem **Praktischen Jahr** legen wir Wert auf eine individuelle, persönliche Betreuung durch engagierte Mentoren und fachbezogene Fortbildungen.

Pflichtfächer: Chirurgie (Allgemeinchirurgie mit Viszeralchirurgie, Thoraxchirurgie, Gefäßchirurgie, Unfallchirurgie) Innere Medizin (Allgemeine Innere Medizin mit Gastroenterologie und Geriatrie, Kardiologie, Hämatologie mit Onkologie und Palliativmedizin)

Wahlfächer: Gynäkologie mit Brustzentrum, Geburtshilfe, Kinder- und Jugendmedizin, Anästhesie, Radiologie und Neurologie

Unsere Angebote für PJ-Studierende im Überblick:

- Eine monatliche Vergütung in Höhe von 400 Euro
- Auswahl von Sachleistungen bis zu einer Höhe von monatlich 325 Euro (z. B. Wohnmöglichkeiten in Kliniknähe, Verpflegung in der Cafeteria, Parken/Zuschuss öffentlicher Nahverkehr)
- Eine persönliche Betreuung durch unser Mentorenprogramm
- Regelmäßiger und strukturierter Unterricht in den Pflicht- und Wahlfächern
- Ein zusätzliches Kursangebot (z. B. Sonografiekurs, EKG, Notfalltraining)
- Zeit zum Eigenstudium im Umfang von einem halben Tag pro Woche
- Studienräume und Zugang zu Onlinebibliotheken
- Möglichkeit zur Teilnahme am internen Fort- und Weiterbildungsprogramm

Sie möchten mit uns durchstarten?

Bitte bewerben Sie sich direkt über die Universität Tübingen unter www.medizin.uni-tuebingen.de



Weitere Informationen finden Sie unter www.rems-murr-kliniken.de/praktisch1jahr

Reims-Murr-Kliniken | Reims-Murr-Kliniken gGmbH | Am Jakobsweg 1 | 71364 Winnenden

- Wir sind medizinischer Spitzenversorger für die Region
- 19 Fachkliniken
- Über 51.000 Patienten/Jahr
- Landkreis in reizvoller Lage mit hoher Lebensqualität
- Rund 2.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- In öffentlicher Trägerschaft des Rems-Murr-Kreises
- Volle Unterstützung durch den Landkreis
- Moderne, familienfreundliche Arbeitsplätze
- Reims-Murr-Klinikum Winnenden ist akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen



Photo: Friedhelm Albrecht

Liebe Leserinnen und Leser,

//_____ auch wenn die Corona-Pandemie in diesem Jahr viele andere Themen in den Hintergrund gerückt hat – die Erwärmung des Erdklimas beschäftigt die Forschung weiterhin. Zu viele Fragen sind noch unbeantwortet: Wie passen sich Pflanzen und Tiere an höhere Temperaturen an? Was passiert, wenn das Antarktischeis schmilzt und der Meeresspiegel steigt? Sind Staudämme wirklich immer die beste Alternative? Und wie kann Klimapolitik gerecht gestaltet werden?

Diese und weitere Aspekte untersuchen Tübinger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen und mit vielfältigen Fragestellungen. Sie alle arbeiten mit daran, die Auswirkungen des Klimawandels besser einzuschätzen und Lösungen für künftige Herausforderungen zu finden.

In dieser Sonderausgabe der attempto! stellen wir Ihnen eine Auswahl der laufenden Tübinger Forschungsprojekte zum Thema Klimawandel vor und auch einzelne Initiativen, die sich für Natur und Umweltschutz einsetzen – auch dies trägt letztlich zum Klimaschutz bei! _____//

Viel Vergnügen bei der Lektüre,

Professor Dr. Peter Grathwohl

Prorektor für Forschung und Innovation
// Vice-President for Research and Innovation

Dear reader,

//_____ although the coronavirus pandemic has overshadowed many other global issues this year, global warming continues to be a topic of vital importance in research. Too many questions remain unanswered: How do plants and animals adapt to higher temperatures? What happens when the Antarctic ice melts and sea level rises? Are dams really always the best alternative? And how can climate policy be made fair?

Scientists at the University of Tübingen have been working on finding answers to these and other questions with diverse and interdisciplinary approaches. They are all working to better assess the impact of climate change and to find solutions to future challenges.

In this special edition of attempto!, we present you a selection of ongoing research projects on climate change at the University of Tübingen and also individual initiatives that promote nature and environmental protection – which also ultimately contributes to protect our climate and planet! _____//

We hope you enjoy reading.

Inhalt Contents

06

- 03 Editorial
- 04 Inhalt Contents

- 06 **See wird Wüste wird See**
10 From Sea to Desert and Back Again
- 12 **Wie sich der Rhythmus der Natur verändert**
17 How Natural Rhythms Are Changing
- 20 **Klimakommunikation à la Aristoteles**
21 Learning about Climate Communication from Aristotle
- 22 **Trockenübungen im Pflanzenreich**
24 A Dry Run: Drought Impact on Plant Ecosystems
- 28 **GRÜNE UNIVERSITÄT // GREEN UNIVERSITY Einsatz für das Klima**
Committed to Climate Protection
- 30 **Nur die Hellsten überleben**
34 Survival of the Brightest
- 38 **Tauwetter in der Antarktis**
43 Thawing Weather in Antarctica
- 46 **Permafrostboden – die schmelzende Zeitbombe?**
47 Permafrost – a Thawing Time Bomb?
- 48 **Die Zähmung des Parfümflusses**
52 Taming the Perfume River
- 54 **Globale Klimapolitik gerecht gestalten**
55 Towards a Just Global Climate Policy
- 58 **Fleischersatz aus dem Bioreaktor**
61 Meat Alternatives from the Bioreactor
- 64 **Grüne Energie mit Nebenwirkungen**
69 Green Energy with Side Effects
- 72 **Algorithmen für die Energiewende**
73 Algorithms for the Energy Transition
- 74 **Tübingen steht Modell für die Verkehrswende**
77 Tübingen as a Model for Smart Mobility

- 79 Impressum
Imprint

See wird Wüste wird See

From Sea to Desert and Back Again

→ Das Quaidam-Becken in China wandelte sich vor hunderttausenden von Jahren vom Mega-See zur Wüste – und könnte sich irgendwann wieder mit Wasser füllen. Geowissenschaftler rekonstruieren hier Klimageschichte, um Vorhersagen für die Zukunft zu treffen. // The Quaidam Basin in China changed from a mega lake into a desert hundreds of thousands of years ago – and could eventually fill up with water again. Geoscientists are reconstructing climate history to predict the future.

Photo: Wolfgang Rösler



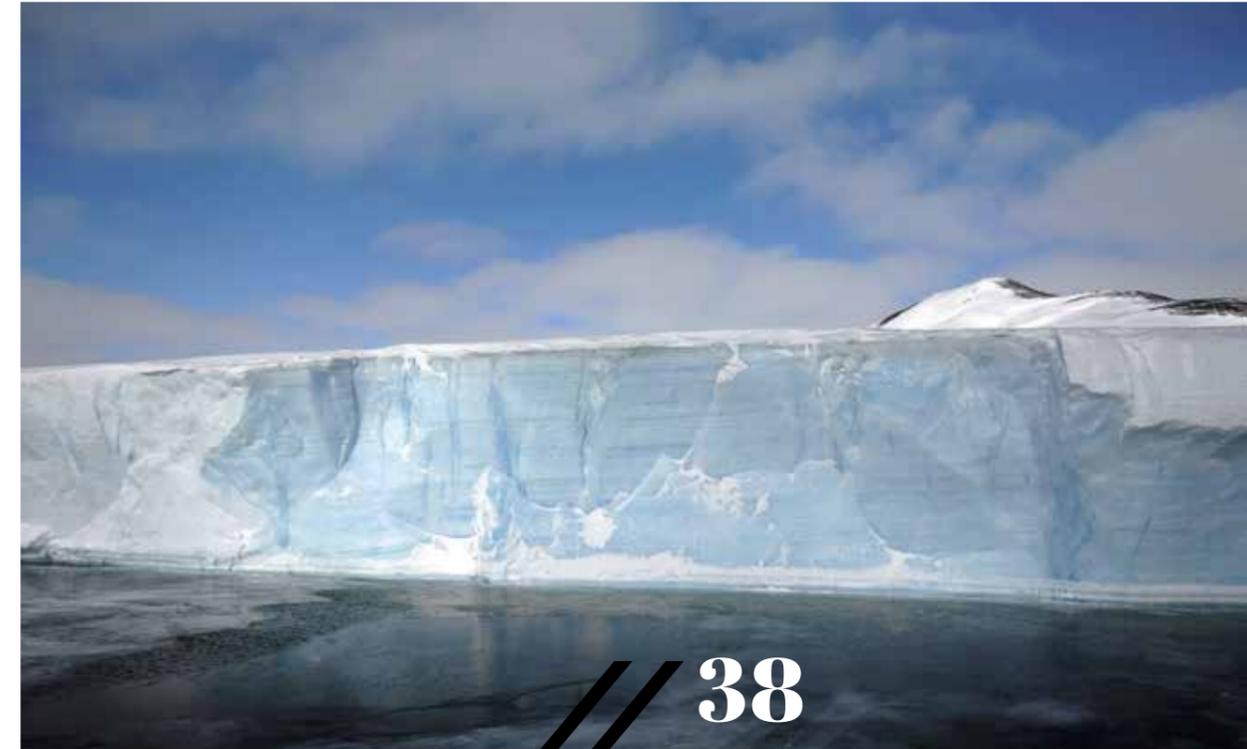
22

Trockenübungen im Pflanzenreich

A Dry Run: Drought Impact on Plant Ecosystems

→ Wie wirken sich künftige Dürren auf die Vegetation aus? Um dies zu verstehen, entziehen Biologinnen Grünflächen Wasser und untersuchen die Folgen, von der Schwäbischen Alb bis in die israelische Wüste. // How will future droughts affect plants? Biologists are sheltering grasslands from participants in the Swabian Alb and the Israeli desert to investigate the effects of drought.

Photo: iStock.com/Sorapop



38

Tauwetter in der Antarktis

Thawing Weather in Antarctica

→ Die Antarktis schrumpft. Glaziologen erforschen vor Ort die Mechanismen der Eisströme, um Aussagen über Geschwindigkeit und Entwicklung der Eisschmelze machen zu können. // Antarctica is shrinking. Glaciologists are investigating the mechanisms of ice streams to predict the speed and development of melting processes.

Photo: picture alliance/blickwinkel/A



30

Nur die Hellsten überleben

Survival of the Brightest

→ Wie passt sich die Schneckenart „Theba pisana“ an steigende Temperaturen an? Biologen untersuchen, inwiefern hier die Färbung ihres Schneckenhauses eine Rolle spielt. // How does the Theba pisana snail adapt to rising temperatures? Biologists investigate how shell pigmentation affects its ability to adapt.

Photo: Heinz Köhler

See wird Wüste wird See

From Lake to Desert and Back Again

TEXT
Wolfgang Krischke

Tübinger Geowissenschaftler rekonstruieren die Klimageschichte. Und stellen fest: Aus Wüsten können wieder Seen werden.

// Tübingen geoscientists reconstruct climate history and are astounded to discover that deserts may eventually become lakes again.

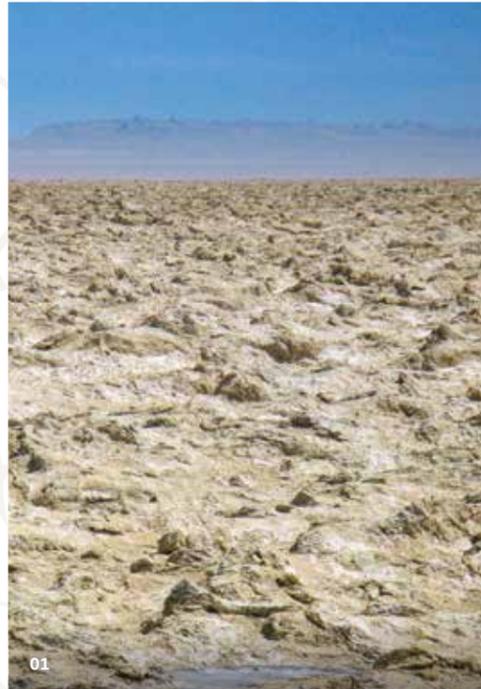
> *deutsch*

// _____ Wer durch das Qaidam-Becken im Norden des tibetischen Hochplateaus fährt, durchquert eine endlos scheinende Wüsten- und Steppenlandschaft. Da und dort schimmern die weiß überkrusteten Oberflächen von Salzseen. Kaum vorstellbar, dass sich hier, in einer der trockensten Regionen Chinas, einmal eine gigantische Süßwasserfläche erstreckte. Doch vor zwei Millionen Jahren war das noch der Fall: Damals füllte ein Mega-See das Becken und bedeckte eine Fläche von 120.000 Quadratkilometern. Obwohl das Gebiet schon in dieser Periode immer trockener wurde, existierte der See noch lange Zeit. Erst vor einigen hunderttausend Jahren begann er unaufhaltsam zu schrumpfen, um schließlich ganz zu verschwinden.

Nach erdgeschichtlichen Maßstäben ist das, als wäre es neulich gewesen. Wieso konnte sich der See so lange halten, statt schon längst zuvor durch Verdunstung auszutrocknen? Und gibt es die Chance, dass hier irgendwann wieder ein See entsteht? Mithilfe geologischer Bohrungen im Qaidam-Becken und aufwendiger Simulationen im Computerlabor arbeiten Erwin Appel, Professor für Geophysik, und sein Kollege Sebastian Mutz, Akademischer Rat in der Forschergruppe Earth System Dynamics an der Universität Tübingen, an der Beantwortung dieser Fragen.

Kann das Klima unumkehrbar kippen?

Spannend ist das Thema nicht nur für die geologische Grundlagenforschung. „Die gesamte zentralasiatische Region leidet immer stärker unter Wasserknappheit. Und das Tibet-Plateau, zu dem ein Teil des Qaidam-Beckens gehört, hat eine entscheidende Bedeutung für große Teile Asiens, da dort einige der →



01



02

knapp einen Kilometer tief, förderte Bohrkern zutage, die die vergangenen 2,7 Millionen Jahre dokumentieren. Eine unangenehme Überraschung gab es nach den ersten zweihundert Metern: Die Bohrkronen stieß auf Salzlauge, die mit extremem Druck emporschoss und eine längere Unterbrechung erzwang.

Bei der zweiten Bohrung, die im Winter stattfand, wurde der komplette Bohrturm umhüllt und im Inneren ein Bullerofen aufgestellt, um die Mannschaft vor den eisigen Temperaturen zu schützen. Diese geologische Zeitreise führte sogar mehr als sieben Millionen Jahre zurück in die Vergangenheit, obwohl die Bohrung nur 720 Meter tief ging. Da sie auf einer Fläche stattfand, wo die oberen – und damit jüngeren – Erdschichten erodiert waren, startete sie gleich auf einer älteren erdgeschichtlichen Stufe.

Die Archive der Klimaforschung

Die zylinderförmigen Bohrkern mit etwa zehn Zentimetern Durchmesser, die bei solchen Explorationen gewonnen werden, sind die „Archive“ der Klimaforschung. In ihnen ist eine Fülle von Informationen gespeichert. Dazu gehören Korngrößen, magnetische Eigenschaften, Pollenablagerungen, der Salzgehalt oder andere chemische Merkmale. All diese Daten erlauben Rückschlüsse auf Temperatur, Feuchtigkeit und Vegetation und damit auf das Klima längst vergangener Erdzeitalter. „Diese Daten liefern uns aber nur punktuelle Informationen über die unterschiedlichen klimatischen Zustände, die das Qaidam-Becken durchlaufen hat. Sie sagen uns nicht, welche Mechanismen den Klimaveränderungen und dem Wasserkreislauf zugrunde lagen. Um diese zu rekonstruieren, nutzen wir Daten unserer Bohrkern gemeinsam mit Klimamodellsimulationen.“

Die hochkomplexen Programme für die Klimasimulationen sind die Spezialisierung von Sebastian Mutz. Er arbeitet im Computerlabor des geowissenschaftlichen Fachbereichs, wo er auch auf die Hochleistungsrechner und Datenarchive des Deutschen Klimarechenzentrums in Hamburg zugreifen kann. Die Klimamodellierung des Qaidam-Beckens ist Teil eines Projekts, das die Geschichte der Mega-Seen auf der ganzen Erde rekonstruiert.

„Unsere Modelle simulieren globale Klimata im Einklang mit den Befunden, die wir für die unterschiedlichen erdgeschichtlichen Perioden haben“, erläutert Mutz. Dabei fließen zahlreiche Faktoren wie tektonische Prozesse, Vegetationsbedeckungen, Topografie, Landverteilung, die Bedeckung durch Gletscher oder die Meerestemperatur ein. Dieser Blick in frühere Erdzeitalter, lange bevor Menschen den Planeten bevölkerten, zeigt, wie natürliche Klimasysteme ohne anthropogene Effekte funktionieren.

Auf dieser Basis lässt sich abschätzen, wie groß der menschliche Einfluss auf die aktuelle Klimaentwicklung tatsächlich ist. Von besonderem Interesse ist die Zeit vor drei Millionen Jahren, als das Qaidam-Becken noch mit Wasser gefüllt war. „Was die Konzentration der Treibhausgase angeht, ist das Klima dieser Epoche unserem heutigen ziemlich ähnlich. Viele Kollegen sehen es deshalb als ein Modell für die Gegenwart und für mögliche zukünftige Entwicklungen. Wie viel man aus dieser Analogie tatsächlich lernen kann, untersuchen wir momentan aber noch in Computereperimenten“, sagt Mutz.

Das Schicksal des Mega-Sees

Globale Klimamodelle nehmen die Erde gewissermaßen aus einer Vogelperspektive in den Blick. Um ein regional begrenztes Klimageschehen wie auf dem tibetischen Hochplateau zu simulieren, ist eine bedeutend höhere räumliche Auflösung mit detaillierten geologischen Daten notwendig. Durch einen solchen „Zoom“ auf das Qaidam-Becken können die Geowissenschaftler die Frage beantworten, warum der Mega-See trotz großer Trockenheit noch lange existierte, aber schließlich doch verschwand.

Simulationen, die in Zusammenarbeit mit dem Klimatologen Dieter Scherer an der TU Berlin modelliert wurden, zeigen, dass ein großer Teil des verdunsteten Wassers noch über einen sehr langen Zeitraum hinweg durch Niederschläge und Oberflächenabläufe wieder in den See zurückgeführt wurde. Hinzu kam ein Zustrom feuchterer Luftmassen, die von Westwinden, die auf dem Tibet-Plateau vorherrschen, dorthin getragen wurden. Doch dann bewirkten globale Veränderungen eine Verlagerung dieser Westwinde, was die Niederschläge verringerte. Dieser Prozess setzte schon vor rund 2,6 Millionen Jahren ein, erreichte aber erst vor einigen hunderttausend Jahren einen kritischen Zustand. Die Austrocknung begann, die Wasserbilanz wurde negativ.



05

01 Das Qaidam-Becken war bis vor einigen hunderttausend Jahren ein Mega-See.
// Until a few hundred thousand years ago the Qaidam Basin was a mega lake.

Photo: Wolfgang Rösler

02 Heute erstreckt sich hier eine Wüsten- und Steppenlandschaft.
// Today, a desert and steppe landscape extends here.

Photo: Friedhelm Albrecht

04 Dr. Sebastian Mutz
Photo: Friedhelm Albrecht

05 Mit Tiefbohrungen konnte die Erdgeschichte bis zu sieben Millionen Jahre zurückverfolgt werden.
// Earth's history could be traced back up to seven million years through deep drilling.

Photos: Wolfgang Rösler



03



04

In zehntausend Jahren wieder ein See?

Die Modelle zeigen aber auch: Die Entwicklung kann sich wieder drehen. „Derzeit wird in der Region fast wieder eine positive Wasserbilanz erreicht, und es könnte sein, dass hier wieder ein See entsteht. Das würde zwar lange dauern, denn zunächst müssten sich die Grundwasserreservoirs wieder auffüllen. Aber es ist hochinteressant, dass so etwas in einer extremen Trockenregion überhaupt möglich ist“, sagt Appel. Die Klimasimulation ergibt, dass es etwa zehntausend Jahre dauern würde, bis das Qaidam-Becken wieder gefüllt wäre – eine sehr lange Zeit nach menschlichen Maßstäben, aber erdgeschichtlich nur ein Augenblick.

Die Forschungen zum Schicksal der Mega-Seen in Zentralasien und anderen Weltregionen werfen neues Licht auf eine Frage, die viele Klimawissenschaftler umtreibt: Gibt es Kipp-Punkte, jenseits derer eine negative Entwicklung nicht mehr umkehrbar ist, auch wenn die Ursachen rückgängig gemacht werden? Ein Beispiel aus der Biologie sind Pflanzenarten, die wegen zu großer Trockenheit aussterben. Selbst wenn die Region wieder feuchter wird, kehren sie nicht einfach zurück. „Ich spreche inzwischen lieber von Systemänderungen als von Kipp-Punkten, wenn es um die Klimaschicht geht“, sagt Erwin Appel, „denn unsere Untersuchungen zur Entwicklung des Wasserkreislaufs im Qaidam-Becken und anderen Gegenden Zentralasiens belegen ja, dass selbst tiefgreifende Veränderungen umkehrbar sein können.“

Ein Grund, sich entspannt zurückzulehnen, sei das allerdings nicht: „Die Erdgeschichte zeigt, dass Klimaänderungen schnell eintreten und dramatische Folgen haben können. Selbst wenn sich solche Prozesse wieder zurückdrehen, geschieht das in enorm langen Zeiträumen. Für die heutige Weltbevölkerung und die nachkommenden Generationen ist das also kein Trost.“ _____//

> english

// _____ Driving through the Qaidam basin in the north of the Tibetan plateau, you will encounter an endless desert steppe. Occasionally, the white-encrusted surfaces of salt lakes shimmer. It is hard to imagine that here, in one of the driest regions of China, an immense freshwater lake filled the landscape. But two million years ago a mega lake filled the basin and covered an area of 120,000 square kilometers. Although the area was already becoming drier during this period, the lake still existed for a long time. Only a few hundred thousand years ago did it begin to shrink relentlessly and eventually disappear completely.

In terms of the Earth's lengthy history, that might seem like only yesterday. But how could the lake survive so long instead of its waters evaporating? And is there any chance that there will be a lake here again at some point? Erwin Appel, Professor of Geophysics, and Sebastian Mutz from the Earth System Dynamics research group at the University of Tübingen are working on answering these questions through geological drilling in the Qaidam basin and elaborate computer models.

Is climate change irreversible?

This is a question of great importance beyond fundamental geological research. "The entire Central Asian region is suffering increasingly from water shortages. And the Tibetan plateau, which includes part of the Qaidam basin, is crucial for much of Asia, as it is where some of the continent's major rivers flow from. Understanding how hydrological cycles work here and whether there are tipping points in the climate system, beyond which increasing aridification becomes irreversible, is also of great interest for climate policy", says Appel. The territory from the Tibetan plateau to the Himalayas, created by the collision of two continental plates, is considered a natural laboratory for the investigation of such processes.

To help shed light on climatic conditions in the Qaidam basin millions of years ago, Appel and his Chinese colleagues organized two deep drilling operations into the sediment of the former lake, which has accumulated over 50 million years to a thickness of ten kilometers. Drill cores documenting the past 2.7 million years were obtained from the first borehole at

a depth reaching almost one kilometer. An unexpected hurdle came after the first two hundred meters: The drill bit struck brine escaping at extreme pressure which caused a prolonged interruption to further drilling.

During the second drilling operation, which took place in winter, the entire rig was sheltered and a bullet furnace was installed inside to protect the crew from the icy temperatures. This geological journey back in time led back even further than seven million years, although the borehole was only 720 meters deep. As the drilling took place in an area where the upper and therefore younger layers of the Earth had already been eroded, these layers immediately revealed more distant periods in the planet's history.

Drill cores provide climate data

The cylindrical drill cores with a diameter of about ten centimeters that are extracted from the boreholes are like archives for climate researchers. A wealth of information is stored inside them including grain sizes, magnetic properties, pollen deposits, salt content or other chemical characteristics. Such data allow researchers to draw conclusions about temperature, humidity, vegetation and the historical climate. "However, these data only provide us partial information about the different climatic conditions that the Qaidam basin has undergone during different periods. They do not tell us which mechanisms underpinned climate change and the hydrological cycle. To reconstruct this, we combine the data collected from our drill cores with climate model simulations."

Sebastian Mutz works in the computer lab at the Department of Geosciences, where he has access to the high-performance computers and data archives of the German Climate Computation Center in Hamburg. Modelling the climate of the Qaidam Basin is part of a project that reconstructs the history of mega lakes all over the world.

"Our models simulate global climates in equilibrium with the findings we have for the various periods of Earth history", explains Mutz. Numerous factors such as tectonic processes,

vegetation, topography, land distribution, glacier coverage or sea temperature are included in the model. This glance into historical climates, long before humans populated the planet, shows how natural climate systems function without anthropogenic effects.

Based on this information, scientists can estimate the extent of the human impact on current climate development. Of particular interest is the time three million years ago when the Qaidam basin was still filled with water. "As far as the concentration of greenhouse gases is concerned, the climate of this era is quite similar to that of today. Many colleagues therefore see it as a model for present and future developments", says Mutz.

The fate of the mega lake

Global climate models represent a bird's-eye view of the Earth. In order to simulate a regional climate event such as on the Tibetan plateau, a significantly higher spatial resolution with detailed geological data is necessary. By zooming in on the Qaidam basin in this way, geoscientists can find answers as to why the mega lake existed for a long time despite arid conditions but eventually disappeared.

The simulations that were performed in cooperation with climatologist Dieter Scherer at the TU Berlin show that a large part of the evaporated water was returned to the lake through precipitation and surface drainage over a very long period of time. In addition, there was an influx of moist air masses carried there by western winds prevailing on the Tibetan plateau. But then global changes shifted these western winds, reducing influx of moisture. This pro-



1850 AD

21.000 BC

3.000.000 BC

07

cess started about 2.6 million years ago, but only reached a critical state a few hundred thousand years ago. As the lake began to dry out, the water budget became negative.

Will there be another lake in ten thousand years?

The models also show that the tide may turn again. It would take about ten thousand years for the Qaidam basin to flood again – a very long time according to human standards, but only a brief moment in the Earth's history.

Research into the fate of the mega lakes in Central Asia and other regions of the world sheds new light on a question concerning many climate scientists: Are there tipping points beyond which negative impacts can no longer be reversed, even if the causes are reversed? One example from biology is plant species that become extinct due to excessive drought. Even when the region gets wetter again, these plants do not return. "I now prefer to refer to system changes rather than tipping points when it comes to climate history", says Erwin Appel. "Our studies on the development of the hydrological cycle in the Qaidam basin and other areas of Central Asia show that even profound changes can be reversible."

However this isn't a reason to sit back and relax: "The history of our planet shows that climate changes can occur quickly and have dramatic consequences. Even if such processes are eventually reversed, this recovery process takes an extremely long time. This is therefore no consolation for people living today and for future generations." _____ //

06 Die Bohrkern älterer Erdschichten sind Archive der Klimageschichte. // The drill cores of older soil layers are archives of climate history.

Photo: Wolfgang Rösler

07 Mit den Daten lassen sich Klimas früherer Zeiten modellieren – und künftige Entwicklungen abschätzen. // The data can be used to model earlier climates and to forecast future developments.

Abbildung: Sebastian Mutz

Wie sich der Rhythmus der Natur verändert

How Natural Rhythms Are Changing

TEXT

Gunther Willinger

PHOTOS

Jörg Jäger

Die Klimaerwärmung beeinflusst auch die Blütezeiten der Pflanzen. Oliver Bossdorf und Franziska Willems erfassen solche Änderungen, indem sie Daten aus Herbarien mit Freilandexperimenten und DNA-Analytik kombinieren.

// Global warming also affects when plants flower. Oliver Bossdorf and Franziska Willems are tracking these changes by combining data from herbaria with field experiments and DNA analysis.

> deutsch

// _____ Wenn Franziska Willems sich auf Spurensuche begibt, arbeitet sie sich durch hohe Stapel vergilbter Papierbögen. Aus goldgerahmten Ölbildern schauen ihr dabei berühmte Tübinger Botaniker wie Leonhart Fuchs oder Hugo von Mohl über die Schulter. Zwischen den Papierbögen befinden sich kunstvoll gepresste Kostbarkeiten. Buschwindröschen, 1892 gepflückt auf der Schwäbischen Alb, oder Enziane, deren Blau sich nach 150 Jahren noch nicht verflüchtigt hat.

Die Biologin forscht mit Professor Oliver Bossdorf am Institut für Evolution und Ökologie der Pflanzen der Universität Tübingen. In ihrer Doktorarbeit beschäftigt sie sich mit den Auswirkungen von Klimawandel und Forstwirtschaft auf die Blütenpflanzen der Laubwälder. Waldkräuter wie Buschwindröschen, Bärlauch, Waldveilchen oder das Scharbockskraut stehen zum Winterende in den Startlöchern, wenn die Bäume noch kahl sind und erste Sonnenstrahlen den Boden erwärmen. Dann überziehen die sogenannten Frühblüher den Wald mit einem farbigen Blütenteppich. Die Energie für ihren Frühstart haben sie im Vorjahr in Wurzelknollen und Zwiebeln unterirdisch gespeichert.

→

01 In Herbarien finden sich getrocknete Pflanzen aus den letzten Jahrhunderten. // Herbaria contain dried plant specimens from the past centuries.



”
**Pro Grad Temperatur-
 erwärmung
 begann die Blüte fünf
 Tage früher.**
 “



02

Auf das Timing
 kommt es an

Für Blütenpflanzen gibt es kaum ein bedeutenderes Ereignis als die Blüte – entsprechend wichtig ist das Timing. Frühblüher laufen Gefahr, in Frost und Schnee Schaden zu nehmen oder nicht bestäubt zu werden, wenn sie sich zu früh aus dem Boden wagen; andererseits dürfen sie nicht zu spät blühen, da ihnen sonst das Laub der Bäume Licht nimmt.

Bei jahreszeitlich getakteten, periodisch wiederkehrenden Naturerscheinungen wie der Blüte oder dem Laubfall spricht man von phänologischen Ereignissen oder Phänologie, abgeleitet vom griechischen Wort „phaino“ für „ich erscheine“. Verschiebt sich die Phänologie einzelner Arten durch Umweltveränderungen, kann das ganze Ökosystem durcheinander geraten. Viele Arten sind aufeinander angewiesen: So brauchen Frühblüher wie Buschwindröschen oder Leberblümchen etwa Hummeln zur Bestäubung und Ameisen zur Verbreitung der Samen.

- 02 Franziska Willems durchforstet Sammlungen bundesweit nach bestimmten Frühblüher.
 // Franziska Willems forages collections throughout Germany for early flowering plants.
- 03 Aus Tausenden von Herbarbelegen stellte sie die Blütezeiten der letzten 200 Jahre zusammen.
 // Willems recorded the flowering periods of the last 200 years from thousands of specimens.

Aber was beeinflusst die Phänologie von Wildpflanzen? Sind es nur Temperatur und Tageslänge oder spielen auch Böden, Landnutzung oder andere Faktoren eine Rolle? Für Antworten kombinieren Bossdorf und Willems im Forschungsprojekt „PhänoDiv“ mehrere Datenquellen. Neben historischen Daten aus Herbarien fließen Freilandbeobachtungen und die genetische Analyse von Herbariumsexemplaren in das Projekt ein.

Ein großes
 Detektivspiel

Für ihre Doktorarbeit durchsuchte Willems Herbarien von Tübingen, Stuttgart und Jena nach Belegen von 20 häufigen Frühblüher aus ganz Europa. „Ich habe mich durch Tausende Herbarbelege gewühlt“, erzählt sie von der mühsamen Detektivarbeit. „Die meisten stammen aus den letzten hundert bis zweihundert Jahren, aber ich hatte auch welche von 1749 in der Hand.“ Von über 20.000 gesichteten Pflanzen gingen 6.250 Belege in die Forschungsarbeit ein. Der Rest war entweder zu schlecht beschriftet oder es gelang nicht, die Fundstelle zu identifizieren.

„Die Rekonstruktion der Koordinaten war aufwendig, aber auch spannend“, erzählt Willems. „Früher wurden die Pflanzen oft in Zeitungspapier eingeschlagen. Da bin ich manchmal hängen geblieben und habe über alte Werbeanzeigen für die ersten Fotoapparate oder über hundert Jahre alte Beiträge in der ‚Zeitschrift für katholische Mütter und Hausfrauen‘ gestaunt.“ Im Jenaer Herbarium stieß sie auf Herbarbelege des berühmten

Zoologen Ernst Haeckel. „Die waren total hingeschludert, da würde jede Biologiestudentin Ärger bekommen“, erzählt Willems amüsiert.

Für die Freilandarbeit wählte die Wissenschaftlerin 20 mal 20 Meter große Waldflächen auf der Schwäbischen Alb und im thüringischen Hainich aus. Auf allen hundert Flächen wurde ein Frühjahr lang wöchentlich der Entwicklungsstand der Blüten bestimmt. „Wir haben aufgezeichnet, wann welche Arten begannen zu blühen, in voller Blüte standen oder verblüht waren“, erläutert Willems. Die Waldflächen sind gleichzeitig Teil der sogenannten Biodiversitäts-Exploratorien, einem interdisziplinären Projekt der Deutschen →



03

Forschungsgemeinschaft zur Langzeitbeobachtung von Biodiversität in Deutschland.

Auf jeder Exploratoriumsfläche erfasst seit 2006 eine Station Parameter wie Temperatur, Wind, Luftfeuchte oder Sonneneinstrahlung. Die Flächen unterscheiden sich hinsichtlich des Waldmanagements, von Naturschutzgebieten bis hin zu intensiver Forstwirtschaft.

Klimawandel und Landnutzung
verändern die Phänologie

Die Datenströme aus Freiland und Herbarien gleich Willems mit Belegen bereits digitalisierter Herbarbestände und globalen Klimadaten ab. Die Ergebnisse zeigen eine erstaunlich schnelle Veränderung der Phänologie: In den letzten zweihundert Jahren verschob sich die Blütezeit der untersuchten Waldkräuter durchschnittlich um 15 Tage nach vorne. Bei Arten wie Bärlauch und Waldbingelkraut waren es sogar rund 30 Tage. Pro Grad Temperaturerwärmung begann die Blüte etwa fünf Tage früher.

Zudem zeigte sich der Einfluss der Landnutzung, schließlich verändert die Struktur eines Waldes die mikroklimatischen Bedingungen vor Ort: Auf intensiv forstlich bewirtschafteten Flächen blühten Pflanzen durchschnittlich zwei Wochen später als in naturnahen Gebieten. Dies erkläre sich zum einen durch Temperaturunterschiede, sagt Willems, Nadelbäume beispielsweise machten einen Wald kühler, Pflanzen blühten später. „Aber meine Analysen zeigen, dass nicht alleine die Temperatur der Grund ist. Es wäre zu untersuchen, wie sich durch das Anpflanzen von nicht heimischen Baumarten wie Fichten sowie strukturelle Veränderungen in bewirtschafteten Wäldern beispielsweise auch Lichtverfügbarkeit und Bodeneigenschaften – Dichte oder Nährstoffverfügbarkeit – ändern. Auch diese beeinflussen vermutlich die Blüte.“

Herbarien als Zeitzeugen
des globalen Wandels

Eine weitere heiße Spur für die Pflanzendecktive ergab sich aus der Zusammenarbeit mit dem Tübinger Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie. Gemeinsam mit Hernan Burbano und Patricia Lang konnte die DNA historischer Herbarbelege mit dem genetischen Code frisch gesammelter Exemplare des gleichen Standorts verglichen werden. Bei dem Verfahren zur Analyse sogenannter „ancient DNA“ (aDNA, ancient = altertümlich) werden ausgewählte DNA-Stücke mithilfe von Biotin markiert, vervielfältigt und schließlich für die Analyse aus der DNA-Suppe gefischt.



04

Für die aDNA-Analyse reicht ein Blattstückchen von der Größe einer Centmünze. Anhand der genetischen Daten ließen sich Herbarpflanzen der gleichen Art nach ihrer geografischen Herkunft unterscheiden, beispielsweise ob eine Knoblauchsrauke von der Schwäbischen Alb aus dem Hainich in Thüringen stammt. Die Methode soll in Zukunft auch verwendet werden, um Herbarbelege unterschiedlicher Jahrhunderte hinsichtlich ihrer genetischen Vielfalt zu vergleichen. So ließe sich prüfen, ob die Pflanzen mit zunehmender Erwärmung nicht nur früher blühen, sondern sich auch genetisch verändert haben, etwa weil wärmeliebende Varianten zugenommen haben.

- 04 Dieses Buschwindröschen wurde vor vielen Jahren „archiviert“, unter anderem sind die Blütezeiten verzeichnet. // This wood anemone was archived many years ago and its flowering times were recorded.
- 05 Franziska Willems und Professor Oliver Bossdorf vermuten noch viele Schätze in Universitätsherbarien. // Franziska Willems and Professor Oliver Bossdorf still suspect many more treasures in university herbaria.



05

Renaissance der Herbarien
Renaissance of Herbaria

Als Oliver Bossdorf 2013 als Professor für Evolutionäre Ökologie der Pflanzen nach Tübingen kam, übernahm er das Herbar von seinem Vorgänger Franz Oberwinkler. Das „Herbarium Tübingerse“ war bei seiner Gründung 1837 durch Professor Hugo von Mohl eines der ersten in Deutschland und enthält besonders viele alte Belege. Es umfasst heute rund eine halbe Million Pflanzen- und Pilzbelege aus aller Welt. Weltweit sind in über 3.000 Herbarien über 390 Millionen Belege gespeichert.

// When Oliver Bossdorf came to Tübingen in 2013 as Professor of Plant Evolutionary Ecology, he took over the herbarium from his predecessor Franz Oberwinkler. The “Herbarium Tübingerse” was one of the first in Germany when it was founded in 1837 by Professor Hugo von Mohl, and it contains many historical specimens. Today, the herbarium harbors around half a million plant and fungus specimens from all over the world. More than 390 million documents are stored in over 3,000 herbaria worldwide.

> english

// _____ When Franziska Willems goes looking for clues, she works through high stacks of yellowed paper. Between the sheets there are many artfully pressed treasures. Wood anemone, picked in 1892 on the Swabian Alb, or gentians whose brilliant blue is still preserved even after 150 years.

Together with Professor Oliver Bossdorf at the Institute of Evolution and Ecology, Willems is investigating the effects of climate change and forest management on forest plants: Wood anemone, wild garlic or fig buttercup are already preparing to flower at the end of winter when the trees are still bare and the first rays of sunshine warm the ground. These early-flowering plants carpet the forest with color. In the previous year, they stored the energy for their early start in root tubers and bulbs underground.

Timing matters

Timing is important: If early-flowering plants venture out of the ground too early, they run the risk of being damaged in frost or snow or not being pollinated. However, they must also not flower too late, otherwise the leaves of the trees will block the sunlight. →

Herbarien galten lange Zeit als verstaubte Archive altmodischer Forschung. Aber dieses Bild ändert sich rasant, seit sie von der Umweltforschung entdeckt wurden, wie Bossdorf berichtet. Die getrockneten Pflanzen erzählten Geschichten über den Klimawandel, die Ausbreitung von Schadstoffen und Pflanzenkrankheiten, den Rückgang seltener Arten und die Invasion exotischer Pflanzen. Online-Datenbanken, Digitalisierungsmethoden und DNA-Sequenzierung hätten die Herbar-Arbeit revolutioniert.

„Der Boom hat gerade erst angefangen, es gibt so viele Fragen und Forschungsmöglichkeiten, dass man gar nicht weiß, wo anfangen“, so der Biologe begeistert. „Alte Universitätsherbarien wie unseres hier in Tübingen sind besonders wertvoll und müssen unbedingt erhalten und digitalisiert werden, damit ihre Geheimnisse von Forschern auf der ganzen Welt entschlüsselt werden können.“ _____ //

”
**For each degree rise
of temperature,
plants flowered five
days earlier.**
“

Periodically recurring natural phenomena such as flowering or leaf fall are also known as phenological events, or phenology, derived from the Greek word “phaino” for “I appear”. If the phenology of individual species shifts due to environmental changes, an entire ecosystem can be disturbed. Many species depend on each other: For example, early flowering plants such as wood anemone or liverwort need bees to pollinate them and ants to spread the seeds.

But what influences the phenology of wild plants? Is it only affected by temperature and day length or do soil, land use and other factors matter too? Bossdorf and Willems are combining several data sources to find answers in the “PhenoDiv” project. In addition to historical data from herbaria, the project also includes field observations and genetic analysis of specimens.

Willems searched the herbaria in Tübingen, Stuttgart and Jena for dried specimens of 20 frequent early-flowering plants from across Europe. “I combed through thousands of specimens”, says Willems. “Most of the specimens were from the last hundred to two hundred years, but I also found some dating as far back as 1749.” Of more than 20,000 specimens, 6,250 were included in her research project. For her field work, she selected 20 by 20 meter forest areas on the Swabian Alb and in Hainich (Thuringia) in Germany. The flowering progress was recorded every week in one hundred areas during the spring. “We recorded when which species began to flower, when they were fully flowering and when they withered.”

Climate change and land use affect phenology

The researchers also combined data from the field and herbaria with already digitized specimens and global climate data. The results show an astonishingly rapid change in phenology: Over the last two hundred years, the flowering period of the forest herbs studied has accelerated by an average of 15 days. For species such as wild garlic and dog’s mercury, the shift was even greater, at approximately 30 days earlier. For each degree rise of temperature, the plants flowered about five days earlier.



Willems also found that besides climate change, land use also has an influence, as forest structure affects local microclimatic conditions. On intensively forested land, plants flowered on average two weeks later than in natural conditions. “This can be explained partly by temperature differences”, says Willems. Conifers, for example, make a forest cooler, plants then flower later. “But my research shows that this cannot be explained by the temperature increase alone. We need to investigate how the planting of non-native tree species such as spruce and structural changes in intensively cultivated forests, for example, also change light availability and soil properties such as density or nutrient availability – these probably also influence the flowering time.”

Herbaria as witnesses of global change

Another promising trail for the plant detectives resulted from a collaboration with the Max Planck Institute for Developmental Biology in Tübingen. With the help of Hernan Burbano and Patricia Lang, the DNA of historical herbal specimens could be compared with the genetic code of freshly collected specimens from the same sites. To analyze ancient DNA (aDNA), samples are labeled using biotin, replicated and finally fished out of the DNA “soup” for analysis.



A piece of leaf of the size of a 1 cent Euro coin is sufficient for aDNA analysis. Based on the genetic data, plants of the same species could be distinguished according to their geographical origin, for example whether a garlic mustard from the Swabian Alb originated from Thuringia. The method will be used in the future to also compare plant specimens from different centuries in terms of their genetic diversity. This allows to check whether plants not only flower earlier due to increasing global warming, but have also changed genetically, for example since warm-loving variants have become more frequent.

Herbaria have long been considered dusty archives of old-fashioned research. But this perception is changing rapidly since they were discovered by environmental research, as Oliver Bossdorf reports. The dried plant specimens tell stories about climate change, the spread of pollutants and plant diseases, the

decline of rare species and the invasion of exotic plants. Online databases and new methods of digitization and DNA sequencing have revolutionized the work of herbarium researchers in recent years.

“The boom has just begun, and there are so many interesting questions and research opportunities that sometimes you don’t even know where to start”, he says enthusiastically. “Historical university herbaria like ours here in Tübingen are particularly valuable, and have to be preserved and digitized so that their secrets can be decoded by researchers all over the world.” _____//

- 06** Blütezeitpunkt und Einfluss der Waldstruktur werden statistisch erfasst und in einem europaweiten Modell abgebildet. // Flowering time and influence of forest structure are statistically recorded and mapped in a Europe-wide model.
- 07** Ein Frühjahr lang dokumentierte das Team auf ausgesuchten Flächen die Entwicklung der Blüten. // For one spring, the team recorded the flowering progress on selected areas.

Klimakommunikation à la Aristoteles

Learning about Climate Communication from Aristotle

Im Kampf gegen den Klimawandel spielt Kommunikation eine entscheidende Rolle, sagt Rhetorikprofessor Olaf Kramer. Er hat sich damit beschäftigt, wie man Menschen vom Wissen zum Handeln bringt.

// Communication plays a crucial role in climate action, says Olaf Kramer. He has spent much time considering how to motivate people to act on their knowledge.

TEXT Stephan Köhnlein

> deutsch

// _____ Aristoteles lebte in einer Zeit, als Klimawandel noch kein Thema war. Und doch können wir nach Einschätzung des Tübinger Wissenschaftlers Olaf Kramer von dem griechischen Universalgelehrten (384–322 v. Chr.) lernen, wie wir Menschen zu einem klimafreundlicheren Handeln bewegen.

Kramer, Professor für Allgemeine Rhetorik und Wissenskommunikation, setzt sich mit Kommunikation zum Thema Klimawandel auseinander – und mit der Frage, was Menschen zu einer nachhaltigen Verhaltensänderung motiviert. Er verweist auf das von Aristoteles geprägte Konzept der Willensschwäche (Akrasia): „Wir wissen eigentlich, wie wir handeln sollen. Aber wir setzen es nicht um.“ Beim Klimawandel komme hinzu, dass er unsere Wahrnehmung überfordere. „Die Veränderungen sind schleichend. Wir gewöhnen uns an milde Sommernächte in ‚Strandbars‘ in unseren Städten und verdrängen die Gefahren.“

Eine zentrale Aufgabe der Rhetorik sei es, dafür zu sorgen, dass sich das bessere Argument durchsetze. Dabei helfe es nicht, nur auf der Sachebene zu argumentieren, die Aristoteles als Logos bezeichnet hat. Veränderungen – sofern nicht erzwungen – beruhen auf Überzeugung. Dazu müsse man Aufmerksamkeit erwecken, glaubwürdig sein und zum Handeln motivieren.

Zunächst gehe es darum, Nähe zu dem entsprechenden Phänomen herzustellen. Schon Aristoteles habe erkannt, dass Angst Menschen antreibe, sagt Kramer. Aber dazu müsse die Bedrohung nah und real sein. Hinweise auf bedrohte Eisbären seien in Deutschland weniger wirksam als der hitzegeschädigte Wald vor der Haustür oder Küstensimulatoren, die deutsche Städte im Meer versinken lassen.

Mit Narrativen könne man klimafreundliches Verhalten positiv rahmen und Menschen zeigen, dass sie etwas ändern könnten. Beispiel: eine Geschichte über die Vorzüge eines Urlaubs in Deutschland. Wichtig seien auch Köpfe, sogenannte Talking Heads: Menschen wie die Klimaaktivistin Greta Thunberg, die für ein Thema eintreten und es so greifbar machen.

Bei Diskussionen mit Menschen, die den Klimawandel bestreiten, rät Kramer zur guten Vorbereitung – man sollte Fakten kennen und Zusammenhänge erklären können: „Die Klimaleugner argumentieren ja auch – und dem muss man etwas entgegenhalten können.“ Aber auch in kontroversen Kommunikationsprozessen sollte man sich nicht verhaken. „Wenn ich zu aggressiv argumentiere und die Argumente des anderen barsch zurückweise, sinkt die Chance, ihn zu überzeugen, eher. Wichtig ist es, positive Szenarien zu entwickeln, indem man darauf hinweist, welche Chancen durch Klimaschutz für Mensch und Wirtschaft entstehen.“

Grundsätzlich rät der Rhetoriker zu einer Abkehr von reinen Verbotsszenarien, weil das Widerstand auslöse. Stattdessen solle man den Gewinn betonen. Kramer illustriert das an einem persönlichen Beispiel: „Ich fahre gerne Auto. Das ist aber nicht besonders klimafreundlich. Deswegen benutzte ich jetzt häufiger den Zug. Damit gewinne ich Zeit, in der ich zum Beispiel in Ruhe meine E-Mails beantworten kann.“ _____//

> english

// _____ Aristotle lived at a time when climate change was not yet an issue. And yet, according to Olaf Kramer, Professor of Rhetoric and Knowledge Communication, we can learn from the ancient Greek scholar (384–322 BC) how to persuade people to act in a more climate-friendly way.

Kramer's research considers communication on climate change and what motivates people to change their behavior in a sustainable way. He refers to Aristotelean concept of the weakness of the will (Akrasia): "We actually know how we should act. But we're not putting it into practice." Climate change also challenges our perception. "The changes are gradual. We get used to mild summer nights in 'beach bars' in our cities and dismiss the dangers."

A key aspect of communication is to ensure that the better argument prevails. It is not always helpful to argue on just the factual level that Aristotle called logos. Changes – unless forced – are based on conviction. This requires attention, credibility and motivation to act.



Professor Olaf Kramer
Foto: Katja Brandt

The first step is to establish proximity to the relevant phenomenon. "Aristotle had already realized that people are driven by fear", says Kramer. "But for people to act, the threat has to be close and real. Statements based on threatened polar bears are less effective in Germany than drawing attention to the heat-damaged forest on people's doorsteps or coastal simulations that show cities sinking into the sea."

Climate-friendly behavior can be positively framed in narratives and show people that they can change something. For example: a positive story about the advantages of a local vacation. Talking heads are also important part of communication strategies: People like climate activist Greta Thunberg who stand up for an issue make it tangible.

In discussions with people who dispute climate change, Kramer stresses the importance of being familiar with the facts and explaining connections. "Climate change deniers also present their own arguments which must be countered." However it is important not to get caught up in controversy at the same time. "If I argue too aggressively and reject the arguments of other people point blank, the chance of persuading them is more likely to decrease. It is important to develop positive scenarios by pointing out what opportunities climate protection creates for people and the economy."

In general, Kramer recommends avoiding outright bans, and this simply increases resistance. Instead, it is essential to focus on the benefit. Kramer illustrates this with a personal example: "I like to drive by car. However, this is not particularly climate-friendly. But using the train more often now gives me time to, for example, reply to my emails in peace." _____//

Trockenübungen im Pflanzenreich

A Dry Run: Drought Impact on Plant Ecosystems

TEXT
Wolfgang Krischke

Wie werden sich künftige Dürrephasen auf die Vegetation auswirken? Um das herauszufinden, entzieht Biologin Katja Tielbörger Pflanzen einen Teil des Niederschlags. Die zeigen ein erstaunliches Beharrungsvermögen.

// How will future droughts affect plants? Biologist Katja Tielbörger has found that plants are surprisingly resilient under simulated drought conditions.

> deutsch

// _____ Ein feiner Dauerregen fällt auf die bunt blühende Wiese – von Dürre ist wenig zu spüren an diesem grauen Morgen auf der Schwäbischen Alb. Und doch ist Trockenheit mit ihren Folgen genau das Thema, das Katja Tielbörger, Professorin für Vegetationsökologie und Direktorin des Botanischen Gartens in Tübingen, und ihre Mitarbeiterin Maximiliane Herberich hier in sechshundert Metern Höhe erforschen. Dazu dienen mehrere in der idyllischen Umgebung etwas fremdartig anmutende Holzgerüste, auf denen Paneele aus Plexiglas angebracht sind.

Es sind Regendächer, die jeweils eine Wiesenfläche von sechs mal sechs Metern bedecken. Allerdings nicht vollständig, denn zwischen den Paneelen bestehen Lücken. Das erste Regendach hält so die Hälfte des Niederschlags ab. Ein zweites, mit kleineren Abständen zwischen den Paneelen, lässt nur noch dreißig Prozent des Regens auf den Boden gelangen. Die Dächer bleiben entweder ein, zwei oder drei Jahre lang aufgestellt, danach können sich die Flächen wieder erholen. Was hier und da wie weiße Pilze aus dem Gras hervorsteht, sind Sensoren, die an verschiedenen Stellen die Feuchtigkeit des Bodens messen.

Wenn die Niederschläge ausbleiben

Während sich die meisten Forschungen zum Klimawandel mit der Erwärmung beschäftigen, richten die Tübinger Ökologinnen ihren Fokus auf die Niederschlagsentwicklung und ihre Folgen für die Pflanzenwelt. Durch die kontrollierte Wasserreduktion wollen sie herausfinden, wie sich der Klimawandel mit seinen zunehmenden Trockenphasen auf unterschiedliche Pflanzenarten und ganze Vegetationssysteme auswirken wird. Passen sich die Pflanzen an? Werden Arten aussterben? Bleibt die Vielfalt der Vegetation erhalten? Und worauf müssen sich die Landwirte einstellen?

In Baden-Württemberg finden die Regendach-Experimente seit 2017 auf insgesamt acht Wiesen- und Waldflächen statt. Aber Katja Tielbörger geht diesen Fragen auch in bedeutend trockeneren Regionen nach, zum Beispiel in Namibia und Chile. Begonnen hatte die Biologin mit ihren Versuchen in Jordanien und Israel. Die Projekte dort wurden unlängst, nach fünfzehn Jahren Laufzeit, abgeschlossen. „Das war nicht nur wissenschaftlich, sondern auch menschlich eine besonders bereichernde Zeit“, erinnert sich Katja Tielbörger. „Da haben 150 Menschen aus Israel, Palästina und Jordanien zusammengearbeitet und sind im Lauf der Jahre über tiefe politische Gräben hinweg zu einem Team zusammengewachsen. Und gemeinsam haben wir durch unsere Forschung eine nachhaltige Verbesserung des Wassermanagements erreicht.“

01 Durch den Klimawandel muss die Natur immer häufiger mit Trockenphasen umgehen. // Nature increasingly has to deal with dry phases caused by climate change.
Photo: iStock.com/no_limit_pictures

02 Professorin Katja Tielbörger
Photo: Friedhelm Albrecht



Vielfalt auch unter dem Regendach

Doch zurück auf die Schwäbische Alb, deren Wiesen dank der mageren Kalkböden zu den artenreichsten Systemen gehören, die man in Deutschland finden kann: Unter den Regendächern sind die Effekte der künstlich erzeugten Austrocknung deutlich zu erkennen. Während unter freiem Himmel eine bunte Blütenvielfalt herrscht, sieht es unter dem Dach, das die Hälfte des Regens abhält, schon nicht mehr so üppig aus. Und dort, wo nur noch ein knappes Drittel der Niederschläge den Boden erreicht, ist die Fläche bräunlich-grau mit ein wenig Grün dazwischen. Doch die Ödnis täuscht. Bei näherem Hinsehen zeigt sich: Auch hier wachsen Pflanzen, sie sind allerdings viel kleiner als unter freiem Himmel, blühen kaum und stehen weniger dicht. „Diese Flächen sind keineswegs kahl, obwohl sie seit zwei Jahren überdacht sind. Es sind sogar noch alle Pflanzenarten vertreten, die vor der künstlichen Trockenheit da waren, nur in verkleinerter Form“, erläutert Tielbörger.

Bei ihren Forschungen verlassen sich die Biologinnen nicht auf den gelegentlichen Augenschein. In regelmäßigen Abständen untersucht Maximiliane Herberich zusammen mit den anderen Mitgliedern des Forschungsteams die Versuchflächen. Planquadrat für Planquadrat notieren sie, wie viele Pflanzen dort wachsen, wie groß sie werden und welche Arten mit wie vielen Exemplaren vertreten sind. Ein wichtiger Indikator für den Zustand der Vegetation ist die Biomasse. Um sie zu messen, werden die Wiesen sowohl unter den Regendächern als auch auf den freien Kontrollflächen regelmäßig gemäht, die Pflanzen getrocknet und dann gewogen. Aus dem Vergleich der unterschiedlichen Biomassen lässt sich präzise ablesen, wie gut die Vegetation unter den Dächern mit der Trockenheit fertig wird: Je geringer ihre Resistenz ist, desto kleiner fällt die Biomasse aus. Zugleich geben die Zahlen Aufschluss über die Resilienz des Ökosystems, also darüber, ob und wie schnell die Flächen zur alten Form zurückkehren, wenn sie wieder die normalen Niederschlagsmengen erhalten.

„Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Vegetation hier auf der Alb unter den Bedingungen der Trockenheit ein beachtliches Beharrungsvermögen hat“, sagt Katja Tielbörger. Dazu gehört auch eine starke Resilienz: Nach Entfernung der Regendächer erreicht die Vegetation bald wieder ihre alte Üppigkeit und Vielfalt. Keine Pflanzenart ist wegen des künstlichen Wassermangels zurückgedrängt worden oder gar verschwunden. →

Wenn Trockenheit auf Beweidung trifft

Das passt zu den Forschungsergebnissen, die Tielbörger in Weidegebieten außerhalb Europas erzielt hat. Weder in Namibia noch im Nahen Osten hat der Wasserentzug zum Rückgang von Pflanzenarten geführt. „Die Niederschlagsschwankungen in diesen Regionen sind sehr groß. Die Pflanzen dort müssen lange Trockenperioden aushalten können, sonst sterben sie aus. Was wir dort festgestellt haben, ist, dass sich die einjährigen Pflanzen unter den Bedachungen innerhalb weniger Jahre genetisch an die Dürre anpassen und früher zu blühen anfangen als ihre Artgenossen in den feuchteren Bereichen. Dürre ist also ein starker Selektionsfaktor, der in enorm kurzen Zeiträumen evolutionäre Veränderungen bewirken kann“, erklärt die Biologin. Ganz anders verhält es sich jedoch mit dem bewässerungsintensiven Obst- und Gemüseanbau, der in diesen Ländern verbreitet ist. Diese Nutzpflanzen haben kein ausreichendes Anpassungspotenzial für die Folgen des Klimawandels.

Doch auch die große Trockenheitstoleranz der untersuchten Regionen hat ihre Grenzen. Erreicht werden sie wahrscheinlich, wenn die Flächen nicht nur dem Dürrestress ausgesetzt sind, sondern auch im Übermaß als Weideland genutzt werden. Um diese Effekte genauer zu untersuchen, haben Tielbörger und ihre Kolleginnen in Namibia die Regendachversuche mit Beweidungsexperimenten gekoppelt. Ihre Hypothese: Wenn die Folgen des Klimawandels auf eine zu starke Beweidung treffen, wird ein Kipp-Punkt erreicht. Dann kollabiert das Ökosystem und die Böden erodieren. „Nach unseren bisherigen Modellrechnungen sind solche Prozesse, wenn sie erst einmal begonnen haben, unumkehrbar.“

Diversifizierung: die Zukunft der Landwirtschaft

Auf der schwäbischen Albwiese, inmitten der Blütenpracht, scheinen solche Szenarien weit entfernt. Doch auch die hiesige Landwirtschaft muss sich auf die Folgen des Klimawandels einstellen. Extreme klimatische Ereignisse treten in Zukunft häufiger auf, lautet die Prognose für Baden-Württemberg. Die Regendach-Experimente haben gezeigt, dass Wiesen Ökosysteme sind, die die zu erwartenden Dürreperioden gut überstehen werden. Außerdem passen sie sich mit ihrer Artenvielfalt dem im Gefolge des Klimawandels zunehmend wechselhafter und unvorhersehbarer werdenden Wetter besser an als Monokulturen, wie sie zum Beispiel auf Maisfeldern herrschen.

Vor diesem Hintergrund rät Katja Tielbörger den Landwirten, mehr Grünlandwirtschaft zu betreiben und den Ackerbau zu reduzieren. Aber auch wer weiterhin Getreide anbaut, sollte zumindest Sorten mit unterschiedlicher Trockenresistenz mischen, um Schwankungen zwischen Trockenheit und Nässe besser abfedern zu können. „Diversifizierung schützt gegen Totalausfälle“, sagt die Wissenschaftlerin, „das gilt nicht nur für Geldanlagen, sondern auch für die Landwirtschaft.“ _____//

> english

//_____ There is no sign of drought on this gray morning on the Swabian Alb. And yet Katja Tielbörger, Professor of Plant Ecology and Director of the Botanical Garden of the University of Tübingen, and her colleague Maximiliane Herberich have chosen this location at an altitude of six hundred meters to investigate the effects of drought. Although the wooden rainout shelters on which acrylic panels are mounted may seem out of place in this idyllic location, they have been set up for an important task.

Each of the shelters spans a grassland area of six by six meters, although the area is not covered entirely, as gaps in the panels allow the scientists to control the precipitation to simulate drought conditions. The first shelter allows 50 percent of the precipitation to reach the ground but the second shelter has smaller gaps between the panels which means that only 30 percent of the rainfall can pass through it. The shelters remain in place for between one and three years, after which the areas are left to recover. What appears to be white mushrooms protruding from the grass here are actually sensors that measure the soil moisture at various points.

What happens if there is no rain?

While most research on climate change deals with climate warming, plant ecologists at the University of Tübingen are also investigating the significance of changes in hydrological systems and their impact on plants. By simulating drought conditions, the scientists want to find out how climate change with its increasing drought phases will affect different plant species and entire plant communities and find answers to many critical questions such as: Will plants adapt? Will species become extinct? Will diversity be maintained? And how can farmers prepare?

Scientists have constructed rainout shelters at a total of eight meadow and forest areas in the State of Baden-Württemberg in Germany since 2017. However, Katja Tielbörger is also investigating the impact of drought in significantly drier regions, such as Namibia, Chile, Israel and in Jordan. →



03 Das Forschungsteam experimentiert auch in Halbwüsten wie hier in Israel. // The research team is also experimenting in semi-arid climates such as here in Israel.

05 Nach Entfernung des Daches erholen sich die Wiesen wieder. // After the shelter is removed, meadows recover.

Photos: Katja Tielbörger

04 Hält ein Regendach Niederschläge fern, geht die Biomasse der betroffenen Fläche zurück. // If rainout shelters hold off precipitation, the biomass of the affected area decreases.

Diversity in spite of the shelter

On the Swabian Alb, the grassland here is among the most diverse ecosystems in Germany, thanks to calcareous rock which offers dry and variable soil conditions. The effects of the artificially-restricted rainfall can be clearly seen under the shelters. Although there are many flowers to be seen under the open sky, the meadows are far from flourishing under the shelter that keeps out half the rain. And where only one third of the precipitation reaches the ground, the ground is brownish-grey with only a few patches of green. "However, these areas are by no means barren, although they have been covered for two years. All plant species that were present before the artificial drought are still there – they are only much smaller", explains Tielbörger.

Maximiliane Herberich examines the experimental areas at regular intervals together with the other members of the research team. They record how many plants grow in each grid square, how large they grow, and the number of individuals for each species. Biomass is an important indicator for the condition of plant ecosystems. To measure biomass, the grasslands are mown regularly both under the shelters and on the open control areas, the plants are dried and then weighed. The comparison of the different biomasses shows how well the vegetation can cope with the dryness under the shelters: the lower their resistance, the smaller the biomass. At the same time, the data provides information on the resilience of the ecosystem, i.e. whether and how quickly the areas return to their previous state with regular precipitation.

"Our findings show that the vegetation here on the Alb is highly resilient to drought", says Katja Tielbörger. After removing the shelters, the vegetation flourishes again and productivity is restored relatively quickly without plant species being lost or suppressed by the artificial drought.

When drought hits pastures

This fits in with Tielbörger's findings in pasture areas outside Europe – reducing precipitation using shelters in Namibia and the Middle East was not found to lead to a decline in plant species. "Precipitation in these regions fluctuates considerably and plants must be able to withstand long dry periods. We found that annual plants under the shelters adapt genetically to the drought within a few years and start flowering earlier than those plants in wetter areas. Drought is therefore a strong selection factor that can bring about evolutionary changes in extremely short periods of time", explains Tielbörger. However, irrigation-intensive fruit and vegetable cultivation in these countries is very different. These crops cannot adapt sufficiently to the consequences of climate change and can only be grown with additional irrigation.

The high drought tolerance of the regions studied also has its limits which are likely to be reached if the land is exposed to drought and used for grazing at the same time. To investigate these effects more closely, Tielbörger and her colleagues in Namibia have combined shelter experiments with grazing experiments. They believe that if the consequences of climate change are exacerbated by excessive grazing this will eventually



result in the collapse of the ecosystem and soil erosion. "According to our existing model simulations, such processes are irreversible once they have started", says Tielbörger

Diversification: the future of agriculture

On the Swabian Alb, amidst the flourishing flora, such scenarios seem far away. But local agriculture must also adapt to the consequences of climate change. Extreme climatic events will occur more frequently in the future. Shelter experiments have shown that grassland ecosystems are capable of surviving expected droughts well. The biodiversity of such ecosystems adapts to increasingly changeable and unpredictable weather as a result of climate change better than monocultures, such as those found in cornfields.

Katja Tielbörger therefore advises farmers to engage in more grassland farming and to reduce arable farming. But even those who continue to grow cereals should at least mix genotypes with different capabilities of resistance to unpredictable fluctuations between dry and wet conditions. _____//

06 Wiesen überstehen Dürreperioden als Ökosysteme besser als Monokulturen.
// Grassland ecosystems survive periods of drought better than monocultures.
Photo: Katja Tielbörger



→ ANZEIGE ADVERTISEMENT

PJ IM KLINIKVERBUND SÜDWEST - EINE GUTE IDEE?

DR. JOCHEN KEGREISS WAR SELBST EINMAL PJ-STUDENT IM KLINIKVERBUND SÜDWEST. ER ERLÄUTERT, WARUM ER BIS HEUTE DEM UNTERNEHMEN TREU GEBLIEBEN IST.

Dr. Jochen Kegreiß ist Oberarzt der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin an den Kliniken Sindelfingen, die zum Klinikverbund Südwest gehören, ebenso wie die Häuser Böblingen, Calw, Herrenberg, Leonberg und Nagold. Nach mehreren Famulaturen hatte er sich zunächst für ein PJ mit dem Wahlfach Anästhesie an den Kliniken Böblingen entschieden. Nach einer Rotation in die Innere Medizin der Kliniken Calw kam er zurück in die Böblinger Anästhesie, absolvierte hier seine Facharztausbildung, bevor er als Oberarzt in der Sindelfinger Anästhesie wechselte.

Herr Dr. Kegreiß, welche Erfahrungen haben Sie in Ihrem PJ gemacht?

Die Wechsel innerhalb der einzelnen PJ-Tertiale in die verschiedenen Fachbereiche vermitteln in kurzer Zeit ein breites Wissen und geben einen guten Einblick in den klinischen Alltag. Das war hilfreich für mich, sowohl zur Vorbereitung meiner Prüfungen als auch bei der Wahl meines späteren Fachgebietes. Die relativ flache Hierarchie der einzelnen Abteilungen ermöglicht es den PJ-Studenten, sich als vollwertiges Mitglied ins Team zu integrieren.

Was war anders, als Sie sich das vorgestellt haben?

In jeder Fachabteilung haben sich die Chefärzte persönlich um die PJ-Studenten gekümmert und diese von Anfang an ins

Team aufgenommen. Danach wurde jeder von uns PJ-Studenten von einem oder mehreren Kollegen der Fachabteilung persönlich betreut. Über den regelmäßig stattfindenden PJ-Unterricht wurde durch die Chef- und Oberärzte klinisch relevantes Wissen praxisnah vermittelt. Das habe ich so nicht erwartet.

Was sollte man über den KVSW als Unternehmen wissen?

Als Zusammenschluss mehrerer Krankenhäuser verfügt der KVSW über Kliniken verschiedener Größe und Fachabteilungen verschiedenster Spezifikation. Jedes Haus hat seine Eigenheiten. Man kann problemlos im Verlauf der Weiterbildung zwischen den Standorten wechseln. So findet man als Assistenzarzt in Weiterbildung zu jedem Zeitpunkt der Weiterbildung den für sich geeigneten Arbeitsplatz.

Welchen Rat würden Sie PJlern aus Ihrer heutigen Sicht mitgeben?

Eigeninitiative zeigen! Wer sich selbst einbringt, darf auch viel machen und lernt viel, was einem in den ersten Wochen und Monaten als junger Assistenzarzt sehr zugute kommt. Scheut Euch nicht, am Ende Eures jeweiligen PJ-Tertials auf die Chefs zuzugehen. Wenn Ihr Euch vorstellen könnt, dort zu arbeiten, kommuniziert das und bringt Euch in Erinnerung. Mehr unter www.karriere-kvsw.de.

Ihre Vergünstigungen im PJ bei uns

- Das umfangreiche interne **Fortbildungsangebot** für Ärzte des Klinikverbundes steht auch unseren PJ-Studenten offen.
- Attraktive monatliche **Vergütung** von 400 Euro.
- Die Mahlzeiten in unseren Cafés und Kantinen werden bezuschusst. Zusätzlich erhalten Sie ein monatliches **Essensgeld** in Höhe von derzeit 82 Euro.
- Die **Dienstkleidung** wird für Sie kostenlos bereitgestellt und gewaschen.
- Die für das PJ vorgeschriebene **Haftpflichtversicherung** tragen selbstverständlich wir.
- **Parkplätze** an unseren akademischen Lehrkrankenhäusern stehen Ihnen kostenlos zur Verfügung.

Je nach Verfügbarkeit bieten wir Ihnen Unterkunftsmöglichkeiten in unseren **Personalwohnheimen**. Wenn Sie für die Dauer des PJ eine Unterkunft mieten, gewähren wir Ihnen hierfür einen monatlichen **Wohnzuschuss** in Höhe von 150,- Euro.

 Klinikverbund
Südwest

Kliniken Sindelfingen
Arthur-Gruber-Str. 70
71065 Sindelfingen

Tel.: 07031 98-**ATEMPTO!** 26 | 27
www.klinikverbund-suedwest.de

Einsatz für das Klima

Committed to Climate Protection

Kompetenzzentrum für Nachhaltige Entwicklung

Competence Centre for Sustainable Development

✉ nachhaltig@uni-tuebingen.de
 ➔ uni-tuebingen.de/de/48701

→ „Nachhaltige Entwicklung“ (NE) ist fester Bestandteil in Forschung, Lehre und Management der Universität Tübingen und nimmt dabei die Universität als Institution ganzheitlich in den Blick (whole institution approach). Am Internationalen Zentrum für Ethik in den Wissenschaften wurde seit 2014 das Kompetenzzentrum für Nachhaltige Entwicklung (KNE) etabliert. Das Team um Professor Thomas Potthast und Dr. Diana Grundmann organisiert Informations- und Weiterbildungsangebote für Studierende und Mitarbeitende, unterstützt Ideen für Nachhaltigkeitsprojekte mit einem Innovationsfonds und fördert NE-Vernetzungen innerhalb der Universität und darüber hinaus. In Zusammenarbeit mit dem Beirat für Nachhaltige Entwicklung werden jährlich herausragende studentische Abschlussarbeiten zum Thema ausgezeichnet. Ein langfristiges Ziel ist die Verankerung der Bildung für NE in allen Curricula. Zugleich sollen inter- und transdisziplinäre Forschungsprojekte zum Thema initiiert und unterstützt werden, insbesondere zu den UN-Nachhaltigkeitszielen.

// Sustainable Development is an integral component of research, teaching and management at the University of Tübingen representing a whole institution approach. The Competence Centre for Sustainable Development has been part of the International Center for Ethics in the Sciences and Humanities since 2014. The team led by Professor Thomas Potthast and Dr. Diana Grundmann organizes information and training services for students and employees, supports ideas for sustainability projects with its innovation fund, and promotes networking in sustainable development within the university and beyond. Each year outstanding student theses on sustainable development are selected by the Advisory Board for Sustainable Development for the Sustainability Award. The competence center aims to anchor the perspective of sustainable development in all curricula. It initiates and supports interdisciplinary and transdisciplinary research projects in sustainable development, in particular on the UN Sustainable Development Goals.

Umweltforschung vernetzt

Connecting Environmental Research

→ Die „Plattform Umweltsysteme“ ist Teil der Exzellenzstrategie der Universität Tübingen und vernetzt Forscherinnen und Forscher aus naturwissenschaftlichen und sozioökonomischen Fachbereichen bis hin zu den Rechtswissenschaften und Ethik. Die Mitglieder forschen interdisziplinär zur Ausbreitung und Wirkung von Schadstoffen in der Umwelt, zur Funktionsweise von Umweltsystemen – unter besonderer Berücksichtigung biologischer, geologischer und bodenkundlicher Prozesse – und zum Schutz und Management natürlicher Ressourcen. Die Plattform kooperiert mit Ministerien, Behörden und Wirtschaft und strebt an, aktuelle gesellschaftliche Fragestellungen schnell aufzugreifen. Ergebnisse werden der Öffentlichkeit in Symposien und Workshops zugänglich gemacht.

// The Environmental Systems platform is part of the Excellence Strategy of the University of Tübingen, linking researchers in a diverse range of fields ranging from scientific and socioeconomic disciplines to law and ethics. Its members are conducting interdisciplinary research on the spreading and effects of pollutants in the environment, on the functioning of environmental systems, with particular regard to biological, geological and soil processes, and on the protection and management of natural resources. The platform cooperates with ministries, authorities and business and strives to quickly address current social issues. Its findings will be made available to the public through symposia and workshops.

Zertifikatsstudium

„Nachhaltige Entwicklung“
Sustainable Development Certificate

→ Im Zertifikatsprogramm, das als „Studium Oecologicum“ von Studierenden initiiert wurde, beschäftigen sich Studierende aller Fächer mit Fragen Nachhaltiger Entwicklung. Das fächerübergreifende Kursprogramm (12 ECTS für das Zertifikat) vermittelt theoretische Grundlagen und thematisiert aktuelle globale Herausforderungen wie soziale Ungerechtigkeit, Klimawandel oder die zunehmende Ressourcenknappheit. In „Themenkursen“ werden mit Praxispartner(innen) Lösungswege zu konkreten Problemen erarbeitet, beispielsweise zu den Themen „Art to stay or Coffee to go?“, „Faire Schokolade – selbst herstellen“ oder „Auf dem Weg zu einem regionalen Ernährungsrat“.

// The certificate program, which was initiated by students as the Studium Oecologicum, deals with sustainable development issues for students of all subjects. The interdisciplinary curriculum (worth 12 ECTS) provides theoretical foundations and addresses current global challenges such as social injustice, climate change or increasing resource scarcity. Students work together with experienced partners to find collaborative solutions in theme courses such as “Art to stay or coffee to go?”, “Fair chocolate – making it yourself” or “On the way to a local food policy council”.

➔ uni-tuebingen.de/de/81653

HochN verbindet deutsche Hochschulen

HochN Connects German Universities

→ Wie können Hochschulen das Thema „Nachhaltige Entwicklung (NE)“ in allen Bereichen verankern? Wie kann der Transfer mit Politik, Zivilgesellschaft und Wirtschaft geleistet werden? Wie lässt sich die Bildung für Nachhaltige Entwicklung stärken und welche Rolle kann NE für die Forschung spielen? Mit diesen und weiteren Handlungsfeldern beschäftigt sich das bundesweite Projekt „HochN“. Hochschulen werden hier aufgrund ihrer gesellschaftlichen Verantwortung als Vorreiter und Vorbilder auf dem Weg zu einer Nachhaltigen Entwicklung gesehen. Tübingen ist eine von elf Partner-Hochschulen, die sich hier vernetzen. Das Team von Professor Thomas Potthast und ein Team der Universität Bremen haben einen Leitfaden erstellt, wie sich NE in den Lehr-Curricula verankern lässt: Das bedeutet nicht in erster Linie, zusätzliche Lerninhalte zu kreieren, vielmehr sind die Förderung vernetzten Denkens mit Bezug auf die großen Herausforderungen der Nachhaltigkeit in allen Fächern nötig wie auch neue Lehr-Lern-Formate.

// How can universities anchor sustainable development (SD) in all areas? How is knowledge transfer with politics, civil society and business ensured? How can education for sustainable development be strengthened and what role can SD play in research? The nationwide project “HochN” deals with these and other fields of action. Due to their social responsibility, universities are seen as pioneers and role models on the way to sustainable development. Tübingen is one of eleven partner universities participating in the network. Professor Thomas Potthast’s team and a team from the University of Bremen have prepared a guide on how to anchor sustainable development in teaching. This does not mean creating additional learning content in the first instance. The promotion of networked thinking on the major challenges of sustainability in all subjects is just as necessary as new teaching and learning formats.

Die Universität Tübingen betreibt Umweltmanagement

Environmental Management
at the University of Tübingen

→ Die Universität Tübingen hat 2011 das Umweltmanagement-System EMAS (Eco Management and Audit Scheme) eingeführt: Mit dem Gütesiegel der EU verpflichtet sie sich, sämtliche Betriebsprozesse nach nachhaltigen Kriterien auszurichten. Umweltkoordinatorin Hedwig Ogrzewalla und Energiemanager Tobias Eder begleiten die Umsetzung der Maßnahmen. So nutzt die Universität inzwischen ausschließlich Ökostrom und Recyclingpapier. Heizung, Lüftung und Beleuchtung werden nachts und am Wochenende reduziert, Wasser- und Papierverbrauch konnten kontinuierlich gesenkt werden. In internen Audits sucht die Umweltkoordinatorin gemeinsam mit Beschäftigten nach weiteren Verbesserungsmöglichkeiten; Studierende sind eingeladen, sich in den Prozess einzubringen.

// In 2011, the University of Tübingen introduced the Eco Management and Audit Scheme (EMAS). Using this instrument developed by the European Commission, the University has committed to aligning all operational processes with sustainability criteria. Environmental coordinator Hedwig Ogrzewalla and energy manager Tobias Eder are responsible for managing the implementation of measures. The university now uses only green electricity and recycled paper. Heating, ventilation and lighting are reduced at night and at weekends, water and paper consumption have been continuously reduced. In internal audits, the environmental coordinator is working with university employees to identify further opportunities for improvement; students are invited to contribute to the process.

Initiative für lebendige Wiesen

Colourful Meadows Initiative

➔ www.buntewiese-tuebingen.de

→ Tübingen ist Gründungsort der inzwischen bundesweit agierenden Initiative „Bunte Wiese“, die Artenvielfalt auf öffentlichen Grünflächen fördert. Die Tübinger Initiative wurde 2010 von Studierenden und Mitarbeitenden der Universität Tübingen gegründet und setzt sich für ein nachhaltiges Pflegekonzept öffentlicher Parks und Grünanlagen in Tübingen ein. Rasenflächen sollen seltener gemäht werden, um Pflanzen und Insekten und damit auch anderen wildlebenden Tierarten eine Heimat zu bieten und mehr Artenvielfalt zu ermöglichen. Mittlerweile wird dies auf 51 Wiesen mit einer Gesamtfläche von mehr als 17,4 Hektar stadtwert umgesetzt, darunter Modellwiesen auf dem Campus. Durch Öffentlichkeitsarbeit will die Initiative die Akzeptanz wild wachsender Grünflächen in der Stadtbevölkerung erhöhen. Inzwischen haben sich auch in anderen Städten Initiativen gleichen Namens gegründet.

// Tübingen was the founding city of the now nationwide “Colourful Meadows Initiative” which promotes biodiversity on public green spaces. The Tübingen initiative was established in 2010 by students and employees of the University of Tübingen and is committed to promoting a sustainable maintenance concept for public parks and green areas in Tübingen. Lawn areas are to be mowed less frequently in order to provide a home for plants and insects and thus also for other wildlife species and to enable greater biodiversity. Meanwhile, this is being implemented on 51 meadows with a total area of more than 17.4 hectares throughout the city, including model spaces on the campus. Through raising public awareness, the initiative aims to increase the acceptance of wild-growing green spaces by the urban population. In the meantime, initiatives have also been established in other cities under the same name.

Nur die Hellsten überleben

Survival of the Brightest

TEXT
Tina Schäfer

PHOTOS
Heinz Köhler

Die Klimaerwärmung verändert die Tierwelt. Biologe Heinz Köhler untersucht an der Schnecke *Theba pisana*, wie sich Arten an steigende Temperaturen anpassen. Im Fokus stehen dabei Schneckenschalen und ihre Farbvarianten.

// Climate change also affects wildlife. Biologist Heinz Köhler is examining how the *Theba pisana* snail adapts to rising temperatures. His research is focused on shells and their different color variations.

> deutsch

// _____ Ein kleiner Raum im Untergeschoss eines Instituts an der Universität Tübingen. Auf Regalen stehen akkurat beschriftete Schraubgefäße: von „Lanzarote“ über „Toscana/Fosso Chiarone“ bis „Belgien/De Haan“. Ihr Inhalt: Tausende Schnecken in Alkohol. Diese Tiere, Landlungenschnecken der Art *Theba pisana*, sind die Forschungsobjekte von Heinz Köhler, Professor für Physiologische Ökologie der Tiere. Hauptaspekt seiner Arbeit ist die Ökotoxikologie. Er erforscht die Auswirkungen von Umweltbelastungen wie Chemikalien oder Mikroplastik auf Organismen, von biochemischen Änderungen bis zur ganzen Population. Am Beispiel von *Theba pisana* aber nimmt er die globale Erwärmung in den Blick. Steigende Temperaturen sind auch für die Fauna ein Problem. Wie genau Tiere mit Hitze umgehen, untersucht Köhler mit seinem Team im „Hot Snail Project“ bis ins kleinste Detail.

Theba pisana ist vor allem im Mittelmeerraum verbreitet und kommt in milden Küstenklimata vor, von der schottisch-englischen Grenze im Norden bis zu den Kanaren und Israel im Süden. Dabei neigen die Tiere mit Schalendurchmesser von bis zu 2,5 Zentimetern zu Massenvorkommen. Abertausende leben auf einem Hektar Land. Interessant für Köhlers Gruppe ist besonders die Pigmentierung der Schalen. „Es gibt ganz unterschiedliche Färbungen“, erklärt der Biologe, „helle und dunkle Individuen und viele Variationen dazwischen.“ →



”
Die Schnecken sterben nicht aus, aber sie werden künftig in weniger Variationen auftreten.

The snails will not become extinct, but there will be fewer variations in the future.

“

Zur Abkühlung auf den Grashalm

Schon seit über 15 Jahren befasst sich der Biologe mit der Hitzetoleranz von Schnecken. Dass sie in Bezug auf den Klimawandel aufschlussreich sein könnten, hat er selbst an ihrem Verhalten beobachtet. Nachts, wenn es kühl ist, hält sich *Theba pisana* am Boden auf. Mit zunehmender Erwärmung klettert die Schnecke auf Gräsern oder Ästen nach oben, wo es kühler ist und womöglich ein Lufthauch weht. Köhler hat zusammen mit Professor Ulrich Gärtner von der Hochschule Esslingen die thermodynamischen Vorgänge in der Schneckenschale bei Erwärmung exakt vermessen; er weiß, wie die Schnecke darauf physiologisch reagiert und welche biochemischen Prozesse angestoßen werden.

Auch die unterschiedliche Farbgebung der Tiere hat sich sein Team genauer angesehen. Dazu nutzte es einen Datensatz aus Wales, in dem die Färbung dortiger Schnecken über Jahrzehnte erfasst wurde, und korrelierte diesen mit Klimadaten aus der Region. So konnten die Biologen zeigen, dass die Variation in der Färbung immer dann größer wurde, wenn die Temperaturen eines Jahres höher waren. „Es war aber nicht so, dass eine Gruppe – hell oder dunkel – spezifisch gefördert wurde“, betont Köhler. „Diese Farbvariation ist im Rahmen der phänotypischen Plastizität gut möglich und lässt sich auch auf molekularer Ebene erklären.“

Bei den Folgen des Klimawandels geht es aber nicht um eine Variation im Rahmen des möglichen Farbspektrums, sondern um einen veränderten Selektionsdruck bei steigenden Temperaturen. Hier wollen die Forscher wissen: Ist die Schnecke physiologisch überhaupt in der Lage, auf die Erderwärmung zu reagieren? „Wenn nicht, muss sie entweder wandern, sich evolutiv verändern oder aussterben“, so Köhler. Und was heißt das für die verschiedenen Farbvarianten?



01



02



03

Der Einfluss der Schalenfarbe auf die Körpertemperatur war bisher umstritten. Zwar ist bekannt, dass Dunkles mehr Strahlung absorbiert, pigmentierte Schnecken stärker belastet werden. Maßgeblich ist jedoch der Emissionskoeffizient eines Objekts. Er gibt an, wie stark sich ein Material – bei der Schneckenschale vor allem Kalziumkarbonat – bei elektromagnetischer Einstrahlung erwärmt. Unklar war bislang, ob die Farbunterschiede biologisch relevant sind oder ob sie die Körpertemperatur der Tiere nur gering beeinflussen und deshalb für das Überleben der Schnecke keine Rolle spielen.

Freilandexperiment in Südfrankreich

Um das herauszufinden, führte Köhler zusammen mit der Tübinger Professorin Rita Triebkorn und Partnern am französischen Forschungsinstitut INRA und der Universität Avignon, Dr. Yvan Capowiez und Dr. Christophe Mazzia, ein Freiluftexperiment in Südfrankreich durch. Über fünfzig Open Top Chambers wurden aufgestellt, schuhkartongroße, oben offene Boxen aus Plexiglas, die wie kleine Treibhäuser wirken und das Innere um drei bis vier Grad erwärmen. Dort lebende Schnecken wurden gesammelt und in den Kisten verteilt. Bei einigen färbten die Forscher die Schalen ganz oder teilweise dunkel, um den Einfluss der Farbe zu untersuchen.

„Wir haben etwa 11.000 Tiere über vier Wochen beobachtet“, berichtet Köhler, „ein Fünftel in Kisten, vier Fünftel im Feld.“ Regelmäßig wurde kontrolliert: Wie viele Schnecken sind geklettert? Wie viele haben nicht überlebt? Hinzu kamen wöchentliche Messungen bei mehreren hundert Tieren, teils mit einem Nadelthermometer, teils mit einer hochauflösenden Wärmebildkamera, mit der sich die

Temperaturverteilung und -entwicklung in der Schnecke genau nachvollziehen lässt. Zudem wurden Tiere in Tübinger Labors mit biochemischen Methoden auf Protein- oder Membranschäden in ihren Zellen untersucht.

So ließ sich zeigen, dass die Färbung einen entscheidenden Unterschied ausmacht. Schwarz gefärbte Individuen in den Kisten überlebten schlechter, manche konnten nach einigen Tagen nicht einmal mehr dem heißen Boden entkommen. Auch im Freiland war die Mortalitätsrate bei gestreiften und damit dunkleren Tieren höher. In kühler Laborumgebung gediehen die Schnecken hingegen gut.

19.000 Schneckenschalen aus ganz Europa

Starke Pigmentierung ist auch deshalb ein Selektionsnachteil, weil *Theba pisana* sich erst am Lebensende fortpflanzt. „Wenn die pigmentierten Tiere zu einem höheren Anteil sterben, bevor sie sich reproduzieren können, müsste die Frequenz der dunkleren Tiere bei fortschreitender Klimaerwärmung über die Jahre abnehmen“, so Köhlers Annahme. Mit einer umfassenden Erhebung überprüfte der Biologe, ob dies in Regionen eingetreten ist, die heute so heiß sind wie es Klimamodelle für den Untersuchungsort bei Avignon vorhersagen.

Dazu schrieb er Universitäten und Forschungseinrichtungen im Verbreitungsgebiet von *Theba pisana* an und bat um „Schneckenpost“. Mit Erfolg: Rund 19.000 Tiere aus ganz Europa wurden nach Tübingen geschickt – sie sind es, die im Instituts Keller konserviert werden. Zuvor wurden die Schalen vermessen und der Grad ihrer Färbung erfasst.

Die Daten übergab Köhler seinem Kollegen Dr. Henri Thomassen. Der Zoologe erstellt räumliche Modelle auf Basis von Umweltdaten wie Temperatur, Niederschlag und Vegetation, in diesem Fall von den Herkunftsorten der Schnecken. Ziel war es, Zusammenhänge zwischen den Umweltbedingungen und der Pigmentierung der Schalen zu finden. Mit Einbezug der Vegetationsdichte sollte eine weitere umstrittene Frage geklärt werden: Ist die Färbung der Schnecken bedeutsam, weil sie mit den Temperaturen zusammenhängt oder weil sie der Tarnung vor Räubern dient?

Helle Schneckenschale als Überlebensvorteil

Schon vor Ende der Auswertung steht fest: „Die Klimaparameter sind auf kontinentaler Ebene ungleich bedeutsamer als die Pflanzendeckung“, sagt Köhler. In sehr heißen Gebieten kommen helle Tiere häufiger vor, in kühlen Gegenden gestreifte. Und diese Tendenz hört nicht auf: „Man könnte annehmen, dass es in kühleren Regionen an der Nordsee irgendwann egal ist, ob es etwas wärmer ist. Aber auch dort reagieren die Populationen auf sehr leichte Temperaturerhöhungen und werden im Durchschnitt heller.“

Für die zukünftige Verbreitung heißt das: „*Theba pisana* wird sehr wahrscheinlich nicht aussterben, auch nicht in heißen Regionen, doch ihre Variation wird abnehmen, dunkle Individuen werden teils verschwinden.“ Auch wenn die Art weiterbesteht, beklagt der Biologe die abnehmende Biodiversität. „Variation ist evolutiv bedeutsam. Sie ist die Basis für selektive Anpassung. Das ist durchaus ein Verlust.“

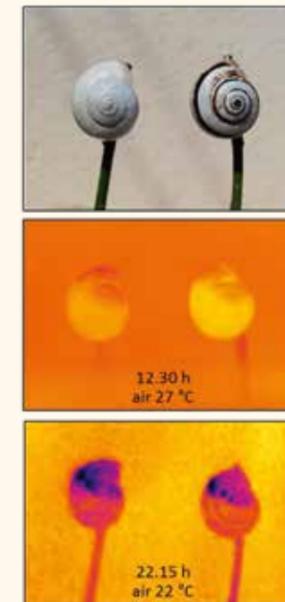
Was diese Erkenntnisse für heimische Arten bedeuten, will sein Team in einem nächsten Projekt herausfinden. Unter anderem wollen die Forscher untersuchen, wie Städte als lokale Wärmeinseln auf hiesige Schnirkelschnecken wirken. Ob sich Tübinger Stadtpopulationen in ähnlicher Weise anpassen wie die Mittelmeerschnecken, wird sich im weiteren Verlauf dieser Forschungsarbeiten zeigen. _____//



04



05



04 Rund 19.000 Exemplare aus ganz Europa wurden im Institut untersucht und konserviert. // Around 19,000 specimens from all over Europe were examined and preserved at the Institute.

Photo: Friedhelm Albrecht

05 Mit einer Wärmebildkamera wurde die Temperaturverteilung in den Schnecken erfasst und dokumentiert. // The temperature distribution in the snails was recorded and documented with a thermal imaging camera.

Photo: Heinz Köhler

> english

//_____ An important part of Köhler's work is ecotoxicology and ecophysiology in a changing world, and his work on the snail, *Theba pisana*, focuses on analyzing the effects of global warming. As rising temperatures are also a problem for wildlife, his team is investigating exactly how snails cope with heat in the "Hot Snail" project.

Theba pisana is mainly found in the Mediterranean and in mild coastal climates, from the border of England and Scotland in the north to the Canary Islands and Israel in the south. The snails have shell diameters of up to 2.5 centimeters and are commonly found in mass populations; many thousands can typically inhabit a hectare of land. "This snail has different colorations which we are particularly interested in with bright and dark specimens and many variations in between", explains Köhler.

Climbing blades of grass to cool off

At night, when it's cold, *Theba pisana* stays on the ground. As temperature increases, the snail climbs up blades of grass or twigs, where it is cooler and it may be able to catch a breeze. After observing this behavior, Köhler worked with Professor Ulrich Gärtner from Esslingen University of Applied Sciences to accurately measure the thermodynamic processes in the shell when heated; he now knows how the snail reacts physiologically to the heat and which biochemical processes are initiated.

His team has also taken a close look at the different colors of the snail shells by correlating data from Wales, in which the coloration of snails had been recorded over decades, with climate data from the same region. They were able to show that the color variation was greater whenever the temperatures were higher in a specific year. "However, we did not find any evidence that a specific coloration was promoted by selection", emphasizes Köhler. "This color variation can be explained within the context of phenotypic plasticity at the molecular level."

However, the consequences of climate change are not a question of variation within a color spectrum, but of a changed selection drive at rising temperatures. The researchers want to find out whether the snails are capable of responding to global warming and what impact global warming will have on the species' color variations.

The influence of the shell coloration on body temperature has been controversial so far. Although it is known that darkness absorbs more radiation and pigmented snails are subjected to greater stress, the decisive factor is the emission coefficient. It indicates the extent to which a material – calcium carbonate in the case of the snail – heats up under electromagnetic irradiation. At this point, scientists did not know whether color differences are biologically relevant or whether they affect the body temperature of the animals only slightly and consequently have no role in survival.

Outdoor experiment in southern France

To find out, Köhler conducted an outdoor experiment in southern France with his colleague Professor Rita Triebkorn from Tübingen and Dr. Yvan Capowiez and Dr. Christophe Mazzia from the INRA research institute and the University of Avignon. Over fifty open top chambers were constructed from plexiglass. They look like small greenhouses and the material heats the interior by three to four degrees. Snails from the region were distributed into the boxes. In some boxes, the researchers applied a black dye to the snails' shells.

"We observed about 11,000 snails over four weeks", reports Köhler, "one fifth in boxes, four fifths in the field." Regular inspections determined how many snails had climbed from the ground and how many had died. Weekly measurements were taken for several hundred snails, partly with a probe thermometer, partly with a high-resolution thermal imaging camera, to monitor the temperature distribution and development in the snail accurately. In addition, the snails were examined at the laboratory for protein or membrane damage in their cells using biochemical methods.

Dyeing the shell makes a decisive difference: Specimens that had been dyed black in the boxes had a lower survival rate and some could not even escape the hot ground after a few days. Also in the open air, the mortality rate was higher in striped and thus darker specimens. The other snails thrived in a cool laboratory environment.

19,000 snail shells from all over Europe

Strong pigmentation is also a selection disadvantage as *Theba pisana* only reproduces at the end of its life. "If the darker snails are more likely to die before they can reproduce, we can expect that the number of darker snails will decrease over the years as global warming progresses."

Köhler aimed to test this with a representative survey and wrote to institutes in regions inhabited by *Theba pisana* asking for "snail mail". Around 19,000 specimens from all over Europe were sent to Tübingen which are now under preservation in the institute's basement. Köhler passed on the data he collected to his colleague Dr. Henri Thomassen. The zoologist creates spatial models based on environmental data such as temperature, precipitation and vegetation, in this case collected from the snails' region of origin. The aim was to find connections between environmental conditions and the pigmentation of the shells.

The brightest are more likely to survive

The scientists also set out to clarify another controversial issue related to vegetation density: Is the shell pigmentation significant because it is connected to the temperature or because it serves to camouflage the snails? Evidence shows: "Climate parameters at the continental level are far more important than vegetation density." In very hot areas bright animals are more common, striped shells are more common in cool regions. "*Theba pisana* is unlikely to die out, but its variation will decrease, dark specimens will partially disappear."

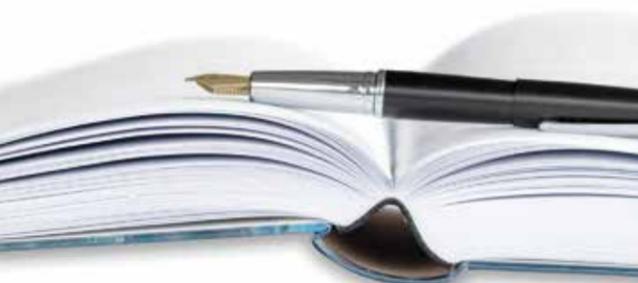
Even if the species persists, Köhler deplores the declining biodiversity. "Variation is the basis for selective adaptation. This is a significant loss." His team now intends to investigate the implication of these findings for native species of local snails to find out whether urban snail populations in southern Germany are adapting in a similar way to the Mediterranean snails. _____ //

TÜBINGEN
UNIVERSITY
PRESS 

**EXZELLENT
FORSCHUNG
SICHTBAR MACHEN**

Der Verlag der Universität Tübingen
für Ihre wissenschaftliche Veröffentlichung

tup@ub.uni-tuebingen.de



ELEKTRO KÜRNER
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM GMBH

Ingenieur- und Meisterbetrieb der Innung
Beratung, Planung, Ausführung, Instandhaltung

**Ihr kompetenter Partner für
Gebäude-, Elektro-, Sicherheits- und Energietechnik**

- Intelligente Elektrotechnik, Komfortinstallationen:
Neubau und Renovierung, privat und gewerblich
- Brand-/Einbruchmeldetechnik (VdS anerkannt),
Zutrittskontrolle, Videoüberwachung
- Kommunikations-, Datentechnik
Automatisierungstechnik
- Blockheizkraftwerke, Klimatechnik, Wärmepumpen
- e-Check für Privat und Gewerbe
- Planung, LV-Erstellung, Bauüberwachung



ELEKTRO KÜRNER Tel.: 07071 943800
Handwerkerpark 9 info@elektro-kuerner.de
72070 Tübingen www.elektro-kuerner.de



www.klocke.com

Wir suchen:

**PRAKTIKANT (PFLICHTPRAKTIKA)/
STUDENTISCHE HILFSKRAFT FÜR**

1. die Qualitätskontrolle
2. das Qualitätsmanagement

QUALIFIKATION:

Student/in des Studiengangs
Verfahrenstechnik, Biotechnologie
oder ähnlicher Studiengang



Klocke Pharma-Service GmbH, Personalabteilung, Straßburger Str. 77, 77767 Appenweier
susanne.bruder@klocke-pharma.de

HR 8 1.2.03/2018/A-D



Aufsteigen und durchstarten in Deine Zukunft!

Wir sind ein international führender Hersteller von hochwertigen Spezialprodukten der Medizintechnik und beschäftigen weltweit 8.500 Mitarbeiter in über 40 Ländern. Wir bieten kontinuierlich spannende Themen für Praktika und Abschlussarbeiten in verschiedenen kaufmännischen und technischen Bereichen an.

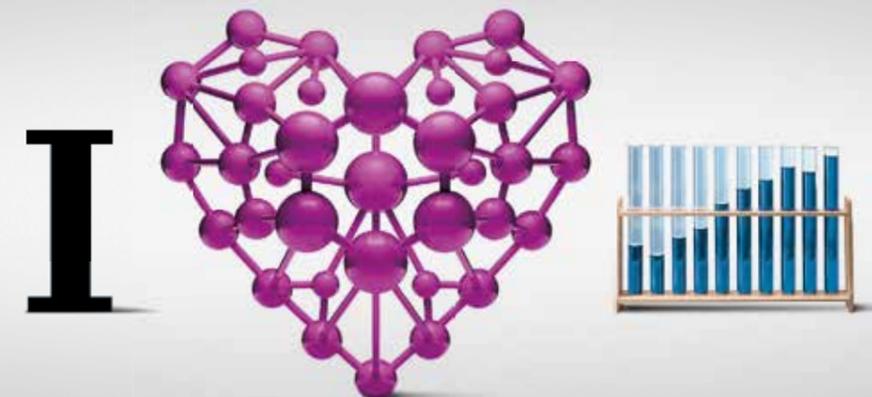
Schau doch rein unter www.karlstorz.com

STORZ
KARL STORZ – ENDOSKOPE



DER STANDORT MIT EXZELLENTEN VERBINDUNGEN

→ Die Formel zum Erfolg hat eine Unbekannte weniger – den Standort. Denn der Technologiepark Tübingen-Reutlingen bietet mit seinem flexiblen Raumkonzept eine Umgebung, die sich ganz Ihren Bedürfnissen anpasst. So sind Unternehmen ganz in ihrem Element: www.ttr-gmbh.de



JUNG-MIT/Neckar

Tauwetter in der Antarktis

Thawing Weather in Antarctica

TEXT
Mareike Schlotterbeck

Die Kühlkammer der Erde, die Antarktis, verliert rapide an Masse. Glaziologe Reinhard Drews erforscht die Mechanismen der Eisströme, um Vorhersagen zu Geschwindigkeit und Entwicklung der Schmelzprozesse machen zu können.

// Antarctica, the Earth's icebox, is rapidly losing ice. Glaciologist Reinhard Drews explores the mechanisms of ice streams to predict the speed and development of ice mass loss.

> deutsch

// _____ Die Antarktis schrumpft. Das zeigt sich in spektakulären Bildern, wenn riesige Tafeleisberge mit einem tiefen Rumpeln von den schwimmenden Ausläufern der Gletscher abbrechen und auf das Meer hinaustreiben. Doch ungefähr genauso viel Eis verschwindet still und leise unter der Meeresoberfläche. Es schmilzt im Kontakt mit dem Ozean.

Beides sind natürliche Prozesse. Das Problem: Es schmilzt derzeit mehr Eis als nachkommt. Die Antarktis verliert immer mehr ihrer kalten Masse. „Das ist überraschend“, sagt Reinhard Drews, Juniorprofessor für Glaziologie und Geophysik an der Universität Tübingen. Noch vor zehn bis fünfzehn Jahren nahmen Forscher an, dass die Klimaerwärmung für mehr Schneefall in der Antarktis sorgen würde. Denn eine wärmere Atmosphäre kann mehr Wasser tragen und somit mehr Schnee erzeugen, der dann wiederum zu Eis gefriert. „Den vorhergesagten Anstieg des Schneefalls sehen wir auch, aber er ist nicht stark genug, um das vermehrte Abschmelzen durch die wärmeren bzw. veränderten Meeresströmungen auszugleichen“, stellt Drews fest.

Seinen Ursprung hat das Eis im Herzen des kalten Kontinents. Dort sammelt sich durch Schneefall immer mehr gefrorene Masse. Um das auszugleichen, fließt das Eis unter dem eigenen Gewicht zum Rand der Antarktis – wie ein Honigtropfen, der sich auf einem Tisch ausbreitet. „Man kann sich das wie ein Flussnetzwerk vorstellen“, erläutert Drews. Zuerst bewege sich das Eis langsam und sammle sich in kleinen Eisströmen, die dann in einen größeren Eisstrom übergangen. Je näher die Küste, desto gewaltiger die Ströme. Und auch schneller. Große Eisströme können mehrere hundert Meter im Jahr hinter sich legen, langsam fließendes Eis bewegt sich nur zehn Meter.

„Uns beunruhigt, dass am Rand der Antarktis nicht nur mehr Eis schmilzt, sondern dass es zudem schneller dorthin fließt“, erläutert der Geophysiker. Aber warum bewegt sich das Eis



01

schneller? Und welche physikalischen Mechanismen haben Einfluss auf die Geschwindigkeit? Drews und seine neuseeländischen Kollegen haben die Gezeiten in den Blick genommen. Auch in der Antarktis hat der Ozean zweimal am Tag Ebbe und Flut. Die Eisschelfe, die schwimmenden Ausläufer von Gletschern, heben und senken sich mit dem Meer. Das auf Land aufliegende Eis wird hingegen nicht angehoben.

Eine frostige Bettdecke

Besonders interessierte die Geophysiker, welche Auswirkung die Gezeiten auf die Grenze haben, an der das Eis auf Felsen aufliegt. Man könnte annehmen, dass dort Minustemperaturen herrschen. Tatsächlich wirkt die dicke Eisschicht aber isolierend – wie eine Art frostige Bettdecke. Darunter kann sich Wasser bilden, das die Reibung zwischen Felsen und Eis aufhebt und somit den Fließvorgang wie auf einer Wasserrutsche beschleunigt. „Wir wissen leider nicht, wie das Wasser unter der dicken Eisschicht verteilt ist: Gibt es einen flächendeckenden Wasserfilm oder sammelt es sich in Kanälen? Das macht einen großen Unterschied“, stellt Drews fest. „Unsere Hypothese war, dass der Wasserfilm unter den Eisströmen im Kontakt mit dem Meer ist und das Gezeitensignal über Hoch- und Tiefdruck ins Landesinnere weitergibt“, erläutert der Physiker.

Die Dynamik des Gletschers lässt sich nicht mit dem bloßen Auge erfassen. Daher mit im Gepäck des Forscherteams: ein terrestrisches Radarinterferometer (TRI), das während der zweiwöchigen Messungen alle drei Minuten ein Bild vom Gletscher machte. Anhand charakteristischer Merkmale des Eisstroms können die Wissenschaftler die Bewegung sehr genau detektie-



02

01 Das Forschungsteam wird in die Antarktis gebracht – eine Landebahn wird auf dem Meereis präpariert. // The research team is being prepared on the sea ice.

Photo: Christian Wild

02 Auf dem Priestley-Gletscher werden Messstationen aufgebaut, um die Gletscherdynamik aufzuzeichnen. // Measuring stations are set up on the Priestley Glacier to record the glacier dynamics.

Photo: Richard Bottomly

03 Tübinger Forscher arbeiten mit Kollegen aus Neuseeland und Korea zusammen. // Tübingen researchers work together with colleagues from New Zealand and Korea.

Photo: Reinhard Drews



03

ren. In der Antarktis kam das TRI zum ersten Mal zum Einsatz – ein Risiko. „Wir haben gehofft, dass es für unsere Fragestellung gut funktioniert, aber es hätte auch ein Totalausfall werden können“, räumt der Glaziologe ein. Eigentlich wird es in den Bergen genutzt, um Gesteinsbewegungen zu beobachten, die drohende Felsstürze ankündigen.

Entscheidend für einen Messerfolg: die Standortwahl. „Stellt man das TRI auf Eis, weiß man nicht, ob sich das Instrument bewegt oder der beobachtete Gletscher.“ Daher suchte Drews Team nach einem Felsen – gar nicht so einfach, auf einem Kontinent, der zu 98 Prozent mit Eis bedeckt ist. Gleichzeitig musste der Standort an einem Eisstrom und an der Gründungslinie liegen, also der Grenze zwischen Land und Meer. Damit kam keine der festen Stationen infrage. Aber allzu weit entfernt von den logistisch gut ausgestatteten Stationen war auch undenkbar. Die Reichweite der Hubschrauber für den Transport ist begrenzt.

Auf den Spuren Scotts

Fündig wurden sie im Transantarktischen Gebirge am Rande des Priestley-Gletschers, benannt nach einem Teilnehmer der berühmten Terra-Nova-Expedition Scotts. Im Wettlauf zum Südpol unterlag der Brite Robert Scott dem Norweger Roald Amundsen, auf dem Rückweg fand er den Tod. Raymond Priestley gehörte nicht zur Südpol-Gruppe, er erkundete das Viktorialand im Osten des Kontinents. Auch die Zelte von Drews erinnern an die historischen Vorgänger. Weil sie immer noch so ähnlich wie vor hundert Jahren aussehen, heißen sie Scott-Zelte. Aber das Equipment, die Infrastruktur und die Versorgung haben sich seitdem stark verbessert.

→

”
Uns beunruhigt, dass am Rand der Antarktis nicht nur mehr Eis schmilzt, sondern dass es zudem schneller dorthin fließt.

We are worried that not only is more ice melting on the edge of Antarctica, but it is also flowing faster.

“



04



05

04 Das Forschungsteam campiert in der Antarktis. // The research team camps in Antarctica.

05 Das Radarinterferometer schießt alle drei Minuten ein Foto des Gletschers. // The radar interferometer captures images of the glacier every three minutes.

Photos: Reinhard Drews

Am Priestley-Gletscher stellten sich die Winde an der gewählten Stelle als zu stark heraus, die Bilder des TRI wären verwackelt. Also zogen die Wissenschaftler auf die andere Seite des Gletschers. „Das ist ganz typisch für die Antarktisforschung, man muss sich an die Bedingungen anpassen“, stellt der Tübinger, der vorher am Alfred-Wegener-Institut und in Brüssel geforscht hat, fest. Ihn fasziniert das Unberührte und Unbekannte. Damit die einzigartige Pflanzen- und Tierwelt erhalten bleibt, beachten die Expeditionsteilnehmer hohe Umweltstandards und bleiben auf Abstand zu Pinguinen und Co. Alles, was sie mitbringen, nehmen sie auch wieder mit. Es darf hinterher nicht mehr erkennbar sein, wo das Camp stand.

Am Ende wurde die Forschergruppe für alle Mühen belohnt: „Wir konnten mit dem TRI sehr schön beobachten, wie sich der Eisstrom mit Ebbe und Flut schneller und langsamer bewegt. Und wie weit das Signal der Gezeiten stromaufwärts reingeh“, freut er sich. Die Gezeitenbewegungen ließen sich bis zu zehn Kilometer im Landesinneren nachvollziehen. An anderen Stellen, glaubt Drews, könnte die Reichweite aber noch weiter sein. Am Priestley-Gletscher sind die Gezeiten mit ca. 40 cm Unterschied schwach ausgeprägt, er kann in der Antarktis bis zu fünf Meter betragen. Die Messungen ergaben zudem, dass sich das Eis aufgrund der Gezeitenbewegung der Eisschelfe auch landeinwärts um wenige Zentimeter verbiegt. Diese Verbiegung kann wie eine Art Pumpe wirken, die das Ozeanwasser stromaufwärts saugt. Zudem lässt die Verformung Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Eises zu, also wie hart oder weich es ist.

Wenn die Forscher die Mechanismen der Eisströme besser verstehen, können sie mit Computermodellen genauer berechnen, wie viel Eis in hundert oder tausend Jahren zum Rand der Antarktis abfließen und schmelzen wird. Die bisherigen Prognosen sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Doch warum will man das überhaupt so genau wissen? „Vielen Menschen ist nicht klar, wie viel Eis in der Antarktis lagert“, sagt Drews. 90 Prozent des Eisvorkommens der Erde befinden sich dort, im Durchschnitt bedeckt eine zwei Kilometer dicke Eisschicht das Land. Wenn dieser gewaltige Wasservorrat abtauen würde, würde der Meeresspiegel um bis zu 58 Meter ansteigen. Dass dies demnächst passiert, ist allerdings unrealistisch: „Wir reden hier von einem Prozess über mehrere tausend Jahre“, betont Drews.

Aber: Auch kleine Veränderungen haben eine große Wirkung. Wenn der Meeresspiegel wie bisher prognostiziert bis 2100 um einen Meter ansteigt, sind bereits viele Städte an der Küste bedroht.

„Für noch viel unkalkulierbarer halte ich, dass Unmengen Süßwasser aus den Gletschern in die salzhaltigen Ozeane gelangen.“ Der Salzgehalt bestimmt die Dichte des Wassers, sie hat wiederum Einfluss auf die Ozeanströmungen wie zum Beispiel den Golfstrom. „Die Auswirkungen auf das Klima sind nicht absehbar“, warnt Drews. Es gibt also viele Gründe, die Antarktis als einzigartige Kühlkammer der Erde zu schützen und wissenschaftlich weiter zu untersuchen. Drews war bereits fünf Mal dort. Und er wird wiederkommen. _____//

90%
des Eisvorkommens der Erde lagern in der Antarktis.
of the earth's ice deposits are in the Antarctic.

“
Für noch viel unkalkulierbarer halte ich, dass Unmengen Süßwasser aus den Gletschern in die salzhaltigen Ozeane gelangen.
I find it even more unpredictable what happens if vast amounts of fresh water from the glaciers reach the salty oceans.

“

> english

//_____ Antarctica is shrinking. This is evident from spectacular images where immense tabular icebergs break down with a deep rumble from the ice shelves and drift out onto the sea. But almost the same amount of ice is also silently disappearing beneath the sea surface. Ice also melts in contact with the ocean.

Both are natural processes. The problem is that more ice is currently melting than accumulating. Antarctica is losing more and more of its cold mass. “This came as a surprise”, says Reinhard Drews, junior professor of glaciology and geophysics at the University of Tübingen. Ten to fifteen years ago, scientists assumed that global warming would cause more snowfall in Antarctica, as a warmer atmosphere can carry more water and thus produce more snow, which in turn freezes to ice. “We have seen the predicted increase in snowfall, but it is not strong enough to compensate for the increased melting caused by the warmer or changed ocean currents”, says Drews. →



06

The ice originates in the heart of the cold continent. More and more frozen mass collects there from snowfall. To compensate for this, the ice flows under the force of its own weight to the edge of Antarctica – like a drop of honey spreading on a table. “You can imagine it as a river network”, Drews explains. First, the ice moves slowly and collects in small ice streams, which then merge into a larger ice stream. The closer the ice streams are to the coast, the more powerful they are. And faster, too. Large ice streams can stretch several hundred meters a year, slow-flowing ice moves only ten meters in this time.

“We are worried that not only is more ice melting on the edge of Antarctica, but it is also flowing faster”, explains Drews. But why is the ice moving faster? And what physical mechanisms affect speed? Drews and his New Zealand colleagues have investigated the tides in Antarctica. In this region, the ocean also has high and low tides twice a day. Ice shelves, floating glacial tongues or platforms, rise and fall with the sea. Glacial ice on land is not lifted in this way.

A frosty duvet

Geophysicists are particularly interested in the effect of the tides on the boundary at which the ice rests on rock. It is often assumed that negative temperatures prevail here. In fact, the thick layer of ice has an insulating effect – like a kind of frosty duvet. Water can form underneath, which eliminates the friction between rock and ice and thus accelerates the flow process as if on a water slide. “Unfortunately, we do not know how the water is distributed under the thick layer of ice: Is the ice covered underneath by a film of water or does the water collect in channels? That makes a big difference”, says Drews. “Our hypothesis was that the water film under the ice currents is in contact with the sea and passes the tide signal inland via high and low pressure.”

To detect the dynamics of the glacier the researchers used a terrestrial radar interferometer (TRI), which captured images of the glacier every three minutes over a period of two weeks.

Scientists can detect the movement very accurately using characteristic features of the ice flow. This was the first use of TRI equipment in Antarctica, it is more commonly used in the mountains to observe rock movements and detect impending rock falls.

On Scott's trail

The choice of location is essential for accurate measurements. “If you put the TRI on ice, you won't be able to tell whether the instrument is moving or the observed glacier.” That is why the team needed to find a cliff, not an easy task, on a continent that is 98 percent covered by ice. They found a suitable location in the Transantarctic Mountains on the edge of the Priestley Glacier, named after a member of Scott's famous Terra-Nova expedition.

The winds at the chosen location turned out to be too strong and the TRI images were too shaky. So the scientists moved to the other side of the glacier. “Very typical of Antarctic research, you adapt to the conditions”, says Drews. He is fascinated by the untouched and unknown. To preserve the unique flora and fauna, the scientists observe high environmental standards and stay at a distance from penguins and other animals. Everything they bring with them, goes back with them. There should be no traces of their camp left behind.

In the end, the group was rewarded: “Using the TRI, we were able to observe very nicely how the ice stream moves faster and slower with low and high tides. And how far the signal of the tides goes upstream”, says Drews satisfied with their findings. The tidal movements could



07

be traced up to ten kilometers inland. In other places, he believes that the range could be even wider. On the Priestley glacier, the tides are weak with a difference of approx. 40 centimeters, this can reach up to five meters in Antarctica. The measurements also showed that the ice bends a few centimeters inland due to the tidal movement of the ice shelf. This bending can act like a pump that draws the ocean water upstream. It also allows conclusions to be drawn about the condition of the ice, i.e. how hard or soft it is.

If researchers better understand the mechanisms of ice streams, they can use computer models to calculate more accurately how much ice will flow and melt to the edge of Antarctica in a hundred or a thousand years' time. The forecasts so far are subject to great uncertainty. But why do we need to know so precisely? “Many people do not realize how much ice there is in Antarctica”, Drews says. Ninety percent of the world's ice is there, with an average thickness of two kilometers of ice covering

the country. If this huge supply of water were to thaw, sea level would rise by up to 58 meters. However, it is unrealistic that this could happen soon: “We're talking about a process which takes over several thousand years.” Despite this, even small changes have a great effect. If sea level rises by one meter by 2100, as has been predicted, many coastal cities are already under threat.

“I find it even more unpredictable what happens if vast amounts of fresh water from the glaciers reach the salty oceans.” The salt content determines the density of the water, which in turn influences the ocean currents, such as the Gulf Stream. “The impact on climate is not foreseeable.” As such, there are many reasons to protect Antarctica and continue scientific exploration into the region. Drews has been there five times. And he'll be back. _____ //



08

06 Abendstimmung in der Antarktis // Atmospheric evening in Antarctica
Photo: Reinhard Drews

07 Die koreanische Forschungsstation Jang Bogo unterstützt das Projekt logistisch. // The Korean research station Jang Bogo provides logistics support for the project.

Photo: Richard Bottomly

08 Professor Reinhard Drews
Photo: Friedhelm Albrecht

Permafrostboden – die schmelzende Zeitbombe?

Permafrost – a Thawing Time Bomb?

Tauen Permafrostböden auf, können gewaltige Mengen an Kohlenstoff entweichen. Tübinger Geomikrobiologen erforschen die Bedingungen, unter denen Kohlenstoff zu Klimagas umgewandelt wird.

// When permafrost thaws, vast amounts of carbon are eventually released into the atmosphere. Tübingen Geomicrobiologists are exploring the conditions under which carbon is converted into greenhouse gas.

TEXT Alisa Koch

> deutsch

//_____ Das Klimapotenzial des Permafrost ist gewaltig. Rund ein Viertel der Böden auf der Nordhalbkugel sind dauerhaft und bis zu viele hundert Meter tief gefroren – und schließen etwa doppelt so viel Kohlenstoff ein wie derzeit in der Atmosphäre vorhanden. Dieser stammt aus Pflanzen, die einst dort wuchsen und Kohlendioxid aus der Luft sammelten. Ihre Überreste wurden im Dauerfrost konserviert – solch riesige Tiefkühltruhen kommen unter anderem in Alaska, Schweden und Tibet vor. Hier gehen Professor Andreas Kappler und seine Mitarbeiterinnen Monique Patzner und Hanna Joß den Prozessen im Permafrost auf den Grund.

Der Klimawandel lässt die oberen Bodenschichten im Sommer mittlerweile weiter auftauen. Für die Erde ist diese Entwicklung bedrohlich, denn so könnten riesige Mengen an Klimagasen freigesetzt werden und in die Atmosphäre gelangen. „Die existierenden Klimamodelle versuchen, Auswirkungen des Klimawandels vorherzusagen. Der Permafrostboden ist dabei ein großes Fragezeichen. Man weiß nicht, welche Mengen an Methan und CO₂ künftig freigesetzt werden. Wir wollen dazu beitragen, die Modelle zu verfeinern“, erklärt Patzner. Hierzu nimmt das Team zur Analyse Bodenproben sowie Wasser- und Gasproben.

Es gibt unterschiedliche Arten von Permafrostböden, in Schweden liegt ein sumpfiges Torfmoor vor. Die Tübinger haben hier erstmals Eisenminerale nachgewiesen, an denen sich Kohlenstoff bindet – eine gute Nachricht für das Klima: Bleibt der Kohlenstoff dort gebunden, gelangt er nicht als Klimagas in die Atmosphäre. Die Klimaforscher fanden diese Minerale auch in Alaska und Tibet. In manchen Abschnitten sind bis zu zwanzig Prozent des Gesamtkohlenstoffs im Permafrost an sie gebunden. Doch wie stabil sind sie und unter welchen Bedingungen lösen sie sich auf?

„Es ist praktisch, dass wir in Schweden die drei Stadien von Permafrostboden vorfinden: den intakten Boden, das Zwischenstadium – wenn der Boden kollabiert ist – und das reine Feuchtgebiet“, sagt Patzner. In diesen Stadien hat das Team Proben entnommen. So ließ sich feststellen, dass sich die Eisenminerale im Zwischenstadium auflösen, wenn das Moor unter Wasser steht und wenig Sauerstoff vorhanden ist. Die Folge: Der daran gebundene Kohlenstoff wird freigesetzt.

Derzeit forschen die Tübinger Geowissenschaftler an der Frage, was für eine Art Kohlenstoff hier vorliegt. Ist er bioverfügbar? Das bedeutet, dass Mikroorganismen den Kohlenstoff aufnehmen und verarbeiten können – nur dann wären Bakterien in der Lage, ihn zu „verfüttern“ und in Klimagase umzuwandeln. Für das Klima wäre es von Vorteil, wenn der Kohlenstoff nicht bioverfügbar wäre und über Wasserläufe und Flüsse in andere Gebiete transportiert würde, um sich dort möglicherweise wieder an Minerale zu binden. „Das Zusammenspiel der Prozesse im Permafrostboden ist komplex“, sagt Andreas Kappler. „Auch für uns bleibt spannend, wie es am Ende ausgeht.“ _____//

> english

//_____ The potential impact of permafrost thawing on the climate is enormous. Around a quarter of the ground in the northern hemisphere is permanently frozen up to many hundred meters depth and contains about twice as much carbon as is currently present in the atmosphere. This carbon originates from plants that once grew in the soil and carbon dioxide from the air. Plant remains are preserved in the frozen permafrost that can be found in countries like Alaska, Sweden and Tibet. Professor Andreas Kappler and team members Monique Patzner and Hanna Joß are investigating the processes that take place in the permafrost.

Increasing temperatures are thawing more of the top layers of the ground than ever before in summer. This is a threat to the planet, as it could release vast amounts of greenhouse gases such as methane and carbon dioxide into the atmosphere. “Scientists are trying to use existing climate models to predict the impact of climate change. However, permafrost is an unknown and unpredictable factor in the equation. It is currently unknown how high methane and CO₂ emissions will be in the future. We want to help refine the models”, explains Patzner. To gather the data required to improve existing models, the team is analyzing soil, water and gas samples.

There are different types of permafrost; in Sweden samples are being taken from a permafrost peatland. Here, scientists have discovered iron minerals to which carbon binds – which is good news for the climate. If the carbon remains bound to the minerals, it is protected from degradation and will not enter the atmosphere as greenhouse gases. The team has also discovered iron minerals in Alaska and Tibet. In some areas, up to twenty percent of the total carbon in the permafrost is bound to the iron minerals. But how stable are they and under what conditions will they dissolve?

”
Man weiß nicht, welche Mengen an Methan und CO₂ künftig freigesetzt werden. Wir wollen dazu beitragen, die Modelle zu verfeinern.

It is currently unknown how high methane and CO₂ emissions will be in the future. We want to help refine the models.

“It is helpful for us that there are three stages of permafrost at our field site in Sweden: the intact soil, the intermediate stage – when the soil has collapsed – and the pure wetland”, says Patzner. The team has gathered samples from each thaw stage. They found that the iron minerals dissolve in the intermediate stage when the bog is flooded by water and little oxygen is present. This causes the carbon initially bound to iron minerals to be released.

The Tübingen geoscientists are now targeting the question of what kind of carbon is available here and whether it is bioavailable. This means whether microorganisms can take up and process the carbon – only then would bacteria be able to convert it into greenhouse gases. It would be beneficial for the climate if the carbon would not be bioavailable and thus transported via watercourses to other areas in order to potentially bind to minerals again. “Processes that occur in the permafrost are particularly complex”, says Kappler. “We are also kept fascinated by not knowing how the story ends.” _____//

CH₄

CO₂

CH₄



01



02

01 Professor Andreas Kappler

Photo: Wolfgang Gerber

02 Monique Patzner

Photo: Wolfgang Gerber

Die Zähmung des Parfümflusses

Taming the Perfume River

TEXT
Judith Rauch

PROJEKT
floodadapt.eoc.dlr.de

Küstenstädte sind zunehmend durch Hochwasser bedroht, so auch Vietnams alte Kaiserstadt Hué an der Mündung des Parfümflusses. Tübinger Geografen arbeiten an Vorwarnsystemen und Maßnahmen, mit denen sich Unwetterfolgen eindämmen lassen.

// Coastal cities are increasingly threatened by floods, including the Vietnamese city of Hue at the mouth of the Perfume River. Geographical scientists are working on early warning systems and measures that can be used to curb adverse weather events.

> deutsch

// _____ Linh Hoang Khanh Nguyen erinnert sich noch genau an die große Flut vom November 1999: Als 19-Jährige wohnte sie damals mit ihren Eltern im Zentrum von Hué. „Das Wasser kam schnell, und wir waren nicht vorbereitet“, sagt sie. „Wir hatten zwar ein Telefon, aber Mobiltelefone gab es noch kaum.“ Also kletterte die Familie aufs Dach und sah zu, wie sich die Straßen füllten. Zwei Meter hoch stand das Wasser des Parfümflusses schließlich in der Innenstadt, drei Tage lang.

Nachbarn verloren ihre Wohnung und suchten Schutz bei Familie Nguyen. Alle rückten im zweiten Stock zusammen. „Wir hatten kaum Vorräte, also aßen wir fast nur Reis und Fisch“, erinnert sich Nguyen, die heute an der Universität von Hué als Professorin für Landnutzung arbeitet. Gekocht wurde auf einem Gaskocher, denn der Strom war ausgefallen. Wo sonst Roller durch die Straßen brausen, verkehrten Boote: Die örtlichen Behörden versorgten die Eingeschlossenen mit dem Nötigsten, brachten Essen und Medizin. Als das Wasser endlich abfloss, dauerte es noch weitere zehn Tage, bis der Schlamm beseitigt war. →

01 Überflutete Straße in Vietnam. 1999 forderte die große Flut 700 Todesopfer.
// Flooded road in Vietnam. In 1999 the great flood claimed 700 lives.

Photo: iStock.com/xuanhuongho

”
**Seinen Namen erhielt der Fluss
 ursprünglich von duftenden
 Blüten, die im Frühjahr auf dem Wasser
 treiben. Heute riecht der Strom
 nicht mehr nach Parfüm.**
 “

Nicht länger ein Fluss der Wohlgerüche

Der Parfümfluss ist nur 30 Kilometer lang und fließt durch ein enges Tal, im Norden und im Süden von hohen Bergen begrenzt. Seine beiden Quellflüsse entspringen dem Truong-Son-Gebirge, das die Grenze bildet zwischen den zentralvietnamesischen Großstädten Hué und Da Nang. Den Pass über das Gebirge kennen deutsche Touristen als „Wolkenpass“. Denn hier sammeln sich die Regenwolken, die den Parfümfluss speisen. Zwischen Oktober und Dezember regnet es besonders heftig, dann steigt die Hochwassergefahr. Seinen Namen erhielt der Fluss ursprünglich von duftenden Blüten, die im Frühjahr auf dem Wasser treiben.

„Heute riecht der Strom nicht mehr nach Parfüm“, sagt Volker Hochschild. Der Tübinger Professor für Geografie und Geoinformatik kennt Zentralvietnam gut. „Es gibt zu wenig Kläranlagen.“ Auch Plastikabfall schwimmt im Wasser – ein typisches Problem schnell wachsender Ballungsräume. Hochschild hatte bereits am Projekt „Rapid Planning“ mitgewirkt, das untersuchte, wie sich Infrastruktur in schnell wachsenden Städten beschleunigt entwickelt. Sein Fokus lag damals auf Da Nang. Die Stadt, die im Vietnamkrieg den Amerikanern als Marinebasis diente, wuchs innerhalb

weniger Jahrzehnte auf eine Million Einwohner an. Bei einem Ausflug ins nahe Hué traf Hochschild auf die Kollegin Linh Nguyen. „Sie hat in Göttingen promoviert und es entwickelte sich ein wunderbarer Kontakt.“

Gelegenheit zur Zusammenarbeit ergab sich Anfang 2019 im Förderprogramm „Nachhaltige Entwicklung urbaner Regionen“ des deutschen Bundesforschungsministeriums. 15 Projekte gingen in China, Kambodscha, Laos, Myanmar, Thailand, Vietnam und auf den Philippinen an den Start: In den Fokus nehmen sie technologische Lösungen für eine verbesserte Energie- und Ressourceneffizienz und zur Minderung des CO₂-Ausstoßes. Sie entwickeln Konzepte für nachhaltige neue Infrastruktursysteme (Energieversorgung, Verkehrssysteme) und erforschen die Entwicklung gesellschaftlicher Innovationen zum Umgang mit veränderten Lebensbedingungen.

Volker Hochschild und sein Kollege Andreas Braun beschäftigen sich im Projekt „FloodAdaptVN“ mit den Hochwasserrisiken der Stadt Hué und ihres Hinterlands. Sie arbeiten eng mit Linh Nguyen von der International School der Universität Hué und ihrer Kollegin, der Chemikerin Chau Dang Giang Nguyen, zusammen. Zum deutsch-vietnamesischen Konsortium gehören auch Vertreterinnen und Vertreter vietnamesischer Umweltbehörden sowie weitere deutsche Experten aus Bonn, München, Saarbrücken und Heidelberg. Koordinator ist Felix Bachofer vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen – „ein ehemaliger Tübinger Kollege“, wie Hochschild erklärt.

Computermodell sagt Wasserstand vorher

Fragt man Linh Nguyen, was sie sich von dem Projekt erwartet, so ist ihr ein Frühwarnsystem für die Bewohner der Hochwasserregion am wichtigsten: „eine geeignete Software und Mittel zur Vorbereitung“. Nie wieder sollen die Einwohner so vom Hochwasser überrascht werden wie im November 1999, als in Zentralvietnam rund 700 Menschen den Tod fanden und etwa 500 verletzt wurden. Wichtig ist ihr auch, dass die Menschen ihr Hab und Gut gegen Klima-Folgen versichern können. Experten aus Deutschland, allen voran Maxime Souvignet von der UN-Universität in Bonn, sollen helfen, die Risiken neu zu bewerten.

Die Tübinger Geoinformatiker sehen ihre Aufgabe vor allem darin, die Region und ihr Klima so genau zu beschreiben, dass sie ein Computermodell bauen können. Diese sogenannte „hydrologische Modellierung“ würde eine genaue Vorhersage von Wasserhöhen unter verschiedenen Wetterbedingungen erlauben. Dafür hat das Team bereits zehn Wetterstationen nach Vietnam geschickt. Sie sollen im Einzugsgebiet des Parfümflusses Wind und Niederschlag messen.

Auch die Höhenprofile der Region wurden anhand von Karten und Satellitendaten aktualisiert. „Mithilfe der Radarinterferometrie kann man Höhenänderungen sehr genau bestimmen, bis auf wenige Zentimeter pro Jahr“, sagt Hochschild. In diesem Bereich spielt sich beispielsweise die sogenannte „Subsidenz“ ab – das allmähliche Absinken küstennaher Landstriche. „Wenn Flüsse aufgestaut werden, sammelt sich in den Staubecken Sediment“, erklärt der Geograf. „Das fehlt dann in den Unterläufen der Flüsse.“ Über die Subsidenz in der Stadt Hué und deren Abhängigkeit von den dort vertretenen Bodentypen hat er gerade zusammen mit Braun, Bachofer, Linh Nguyen und dem Agrarwissenschaftler Tung Gia Pham eine wissenschaftliche Arbeit veröffentlicht.

Andreas Braun überlagert an seinem Computer ein Höhenmodell des Flussgebiets mit hochauflösenden Satellitenbildern, um den Zusammenhang zwischen Topografie und Landnutzung zu untersuchen. Er fügt Datensätze hinzu, die alle Häuser der alten Kaiserstadt Hué zeigen, unterschieden nach Wohn-, Industrie- und Verwaltungsgebäuden sowie historisch bedeutsamen Baudenkmalern. Außerhalb der Stadt lassen sich landwirtschaftlich genutzte Flächen von Wäldern unterscheiden. In den Wäldern sieht man hier und da gerodete Flecken. Auch zwei große Stauseen sind zu erkennen. Sie dienen der Energiegewinnung, aber auch der Hoch-



02



03

wasserregulation. Als zusätzliche Schutzmaßnahme möchte Braun seinen vietnamesischen Partnern eine verstärkte Aufforstung ans Herz legen – „die Stadt plant bereits einen Sicherheitskorridor aus Wald um die Stadt herum“.

Die Fischer müssen sich anpassen

Unweit des Stadtzentrums mündet der Parfümfluss ins Meer und füllt dabei eine große Lagune auf. „In der Lagune wohnen Menschen in schwimmenden Häusern, sie leben von Fischfang und Aquakultur“, berichtet Hochschild. Ihre Existenzgrundlagen sind besonders verwundbar, wenn mit dem Klimawandel nicht nur die Hochwasser häufiger werden, sondern auch der Meeresspiegel ansteigt. „Die Lagune wird salziger, das Gelände verändert sich“, prophezeit Hochschild. „Doch die

02 Der Parfümfluss fließt durch ein enges Tal und kann vor allem zwischen Oktober und Dezember über die Ufer treten.
 // The Perfume River flows through a narrow valley and can flood its banks between October and December.

Photo: iStock.com/Hy Nguyen

03 Ein vietnamesisch-deutsches Forschungsprojekt will das Hochwasserrisiko für die Region Hué verringern.
 // A Vietnamese-German research project aims to reduce the flood risk for the Hue region.

Photo: Projekt FloodAdapt



04



05

04 Mit hochauflösenden Satellitenbildern lassen sich Gebäude und die Ausmaße eines Hochwassers schnell erfassen. // High-resolution satellite images can be used to quickly assess buildings and the extent of a flood.

Image: Andreas Braun

05 Professor Volker Hochschild (l.) und Dr. Andreas Braun (r.) sind die Tübinger Partner im deutsch-vietnamesischen Forschungsprojekt. // Professor Volker Hochschild (l.) and Dr. Andreas Braun (r.) represent Tübingen in the German-Vietnamese research project.

Photo: Christoph Jäckle

06 Die Fischer in den „schwimmenden Häusern“ müssen sich an veränderte Umweltbedingungen anpassen. // Fishermen in floating houses must adapt to changing environmental conditions.

Photo: iStock.com/Anastasiia Shavstyna

Menschen wollen dort nicht wegziehen. Sie möchten, dass ihre Interessen berücksichtigt werden.“ Zur Anpassung an veränderte Umweltbedingungen seien sie bereit – wie schon immer in ihrer Geschichte.

Die Besuche in den kleinen Gemeinden an der Lagune im November 2019, ziemlich genau 20 Jahre nach der großen Flut, sind den Tübinger Geografen noch in bester Erinnerung. Sie bildeten einen Kontrast zum formellen Auftakt-Workshop des Forschungsprojekts in Hué wenige Tage vorher, zu dem Regierungs- und Medienvertreter in großer Zahl erschienen waren. Und sie machten deutlich, worum es bei allem technischen Fortschritt letztlich geht: um die Menschen und ihre gefährdeten Lebensgrundlagen. _____//

”
The river was originally named after fragrant flowers that float on the water in spring. Today, the river no longer smells like perfume.
“

> english

//_____ In November 1999 Linh Hoang Khanh Nguyen was 19 and lived with her parents in the center of Hue when the great flood came. “The water came quickly and we weren’t prepared”, recalls the Professor at the Faculty of Land Resources and Agricultural Environment at Hue University. So the family climbed up to the roof and watched the streets flood. Water from the Perfume River reached heights of two meters in the city center for three days.

Neighbors sought shelter with the Nguyen family. They all moved in together on the second floor. The local authorities provided trapped residents with vital food and medicine by boat. When the water finally drained, it took another ten days for the mud to be cleared.

Fragrant but
not in a pleasant way

The Perfume River is only 30 kilometers long and flows through a narrow valley, surrounded by high mountains on its northern and southern banks. Its two headwaters originate from the Truong Son Mountains, which form the border between the central Vietnamese cities of Hue and Da Nang. The pass over the mountains is known as the “Pass of the Ocean Clouds” as the rain clouds that feed the Perfume River gather here. Between October and December the rainfall is particularly heavy, which vastly increases the risk of flooding. The river was originally named after fragrant flowers that float on the water in spring.

“Today, the river no longer smells like perfume”, says Volker Hochschild, Professor for Geography and Geographic Information Systems at the University of Tübingen, who knows Central Vietnam well. “There are not

enough sewage treatment plants.” Plastic waste also floats in the water – a typical problem of rapidly growing metropolitan areas. Hochschild contributed to the “Rapid Planning” project, which investigated how infrastructure in rapidly growing cities is developing at an accelerated pace. Back then, his research focused on Da Nang. The city, which served as a naval base for the Americans during the Vietnam War, grew to a million inhabitants within a few decades. On a trip to the nearby city of Hue, Hochschild met Linh Nguyen. “She completed her doctorate in Göttingen and we made an instant connection.”

A cooperation opportunity arose at the beginning of 2019 in the German Federal Ministry of Research funding program “Sustainable Development of Urban Regions”. This program seeded 15 projects in China, Cambodia, Laos, Myanmar, Thailand, Vietnam and the Philippines: Each of the projects focus on technological solutions to improve energy and resource efficiency as well as to reduce CO₂ emissions and aim to develop concepts for sustainable new infrastructure systems for energy supply and transport systems.

Volker Hochschild and his colleague Andreas Braun are analyzing flood risks of the city of Hue and surrounding areas in the FloodAdaptVN project. They work closely with Linh Nguyen from the International School of the Hue University and her colleague, the chemist Chau Dang Giang Nguyen. The German-Vietnam consortium also includes representatives of Vietnamese environmental authorities and German experts from Bonn, Munich, Saarbrücken and Heidelberg. The coordinator is Felix Bachofer from the German Aerospace Center in Oberpfaffenhofen, a former colleague of Hochschild at the University of Tübingen.

Computer model
predicts water levels

For Linh Nguyen the most important aspect of the project is developing an early warning system for the inhabitants of the flood region. Never again should the inhabitants be so taken by surprise by floods as in November 1999, when around 700 people died and around 500 were injured in Central Vietnam. It is also important to her that people can insure their belongings against flooding caused by climate change. Experts from Germany, above all Maxime Souvignet from the UN University in Bonn, are helping to reassess the risks.

The geographers from the University of Tübingen see their main task as constructing a precise computer model of the region and its climate. This technique of hydrological modeling allows scientists to make an accurate prediction of water levels under different weather events. The team has already sent ten weather stations to Vietnam – they will be used to measure wind and precipitation in the basin of the Perfume River.

The elevation profiles of the region have also been updated using maps and satellite data. “Radar interferometry can be used to determine altitude changes very accurately, down to a few centimeters per year”, says Hochschild. Subsidence – the gradual sinking of coastal areas – takes place at this level. “When rivers are dammed, sediment collects in the reservoirs”, explains Hochschild. “This sediment is then missing in the lower course.”

Andreas Braun superimposes high-resolution satellite images with a digital elevation model on his computer to investigate the relationship between topography and land use. He adds data showing all the houses of the former imperial city of Hue, distinguished by residential, industrial and administrative buildings as well as historically important monuments. Outside the city, agricultural land can be distinguished from forests. Clearings are also visible in the forests as well as two large reservoirs. They are used for energy production, but also for flood regulation. As an additional safeguard, Braun would like to encourage the Vietnamese partners to intensify afforestation. “The city is already planning a forest corridor around the city”, he says.

Fishing needs
to adapt

Not far from the city center, the Perfume River flows into a large lagoon. “People live in floating houses in the lagoon and build their lives around fishing and aquaculture”, reports Hochschild. Their livelihoods are particularly vulnerable if climate change not only increases the frequency of floods, but also rises sea levels. “The lagoon will get saltier and the land will change”, predicts Hochschild. “But people don’t want to move away. They want their interests to be taken into account.” They are ready to adapt to changing environmental conditions – as they have done throughout their history. _____//



06

Globale Klimapolitik gerecht gestalten

Towards a Just Global Climate Policy

Je mehr Akteure, desto schwerer finden sich gerechte und tragfähige Lösungen – gerade in der Klimapolitik. Politikwissenschaftler haben untersucht, inwiefern die EU zu globaler Klimagerechtigkeit beiträgt und leiten daraus Handlungsempfehlungen ab.

// The more stakeholders, the more difficult it is to find just and sustainable solutions – especially in climate policy. Political scientists have examined how the EU contributes to global climate justice and have derived recommendations for action.

TEXT Stephan Köhnlein PROJEKT www.globus.uio.no/research/climate-change

> deutsch

// _____ Sechs Jahre liegen zwischen dem gescheiterten Klimagipfel von Kopenhagen 2009 und dem Pariser Klimaabkommen. Im Dezember 2015 vereinbarten fast 200 Vertragsparteien, die globale Erwärmung auf unter zwei Grad Celsius zu begrenzen. Möglich wurde dieses Abkommen auch durch eine geänderte Verhandlungsstrategie der EU, wie das Team um die Tübinger Politikwissenschaftler Professor Thomas Diez und Dr. Franziskus von Lucke zeigt.

Das internationale Forschungsprojekt „Reconsidering European Contributions to Global Justice (GLOBUS)“ untersuchte den Beitrag der EU zur globalen Gerechtigkeit. Diez und von Lucke blickten dabei auf den Bereich der Klimagerechtigkeit. Das auf vier Jahre angelegte Projekt, das Ende Mai 2020 auslief, wurde von der EU finanziert. „Aber es ging explizit darum, einen kritischen Blick auf den Beitrag der EU zu werfen – mit dem Ziel, Empfehlungen abzugeben“, betont Diez

Untersucht wurde, wie sich Verhandlungsziele und Beiträge der EU zum Klimaschutz von den 1980er-Jahren bis zum Pariser Abkommen veränderten. Dazu werteten sie Sekundärliteratur aus, unterzogen EU-Dokumente und -Gesetzestexte einer Inhaltsanalyse und führten Interviews mit Vertretern von EU, NGOs und anderen Akteuren im Klimaschutz.

Die Ergebnisse: Nach dem gescheiterten Gipfel von Kopenhagen gab es eine Verschiebung der Schwerpunkte in der EU-Politik weg von rechtlich verbindlichen und von oben herab festgelegten Emissionsminderungsquoten. Wichtige Gründe: Schwellenländer wie China oder Indien waren mächtiger geworden, ließen sich nicht diktieren, was zu tun war. Gleichzeitig begriffen EU-



01 Professor Thomas Diez (l.)
Photo: Friedhelm Albrecht



02 Dr. Franziskus von Lucke (r.)
Foto: Franz von Lucke

Vertreter, dass sie ihr Klimaschutzmodell nicht allen anderen aufzwingen konnten. Statt klarer Vorgaben rückten Dialog, geteilte Führung und Selbstverpflichtung in den Fokus. „So wurde das Pariser Abkommen möglich“, sagt Diez.

Das Problem: Das Abkommen bleibt zu unverbindlich. „Die Selbstverpflichtungen der Staaten sind nicht geeignet, die Erderwärmung unter 1,5 oder 2 Grad Celsius zu halten“, sagt von Lucke. Deswegen empfehlen er und Diez, wieder mehr Transparenz und Verbindlichkeit in die Klimapolitik zu bringen. Dabei dürfe die

EU aber nicht arrogant auftreten und anderen den eigenen Ansatz aufzwingen. „Es geht um eine Diskussion auf Augenhöhe mit Entwicklungs- und Schwellenländern“, sagt von Lucke. Klimapolitik sei nicht nur eine regulatorische Angelegenheit. Es gehe um Fragen der globalen Gerechtigkeit, zu denen Themen wie Armut, Gesundheit, koloniales Erbe oder unfaire Handelsbedingungen zählten.

Wichtig sei zudem ein breit angelegter Dialog von der diplomatischen Ebene über soziale Bewegungen bis zu indigenen Gruppen. Gerade diejenigen, die besonders bedroht seien, müssten die Planung der europäischen Klimapolitik mitgestalten können. Und die EU muss Glaubwürdigkeit beweisen. „Wir müssen Maximen, die wir anderen auferlegen wollen, selber befolgen“, sagt Diez. Von Lucke ergänzt: „Die EU kann den Klimawandel nicht aufhalten. Aber sie ist einer der größten CO₂-Emitenten. Da muss sie mit gutem Beispiel vorangehen.“ _____ //

> english

// _____ Six years elapsed between the failed Copenhagen climate summit in 2009 and the Paris Agreement in December 2015, in which almost 200 parties agreed to limit global warming to below two degrees Celsius. Researchers led by political scientists Professor Thomas Diez and Dr. Franziskus von Lucke have demonstrated that a shift in the EU's negotiating strategy was an important factor in adopting the Paris Agreement.

Their international research project “Reconsidering European Contributions to Global Justice (GLOBUS)” examined the EU's contribution to global justice. Diez and von Lucke focused on climate justice within this four-year project, which ended in May 2020. It was funded by the EU's Horizon 2020 research program. “However, our research was concerned with taking a critical look at the EU's contribution with the aim of making recommendations”, says Diez.

The researchers examined how the EU's negotiating objectives and climate policies changed from the 1980s up to the Paris Agreement. They evaluated secondary literature, analyzed EU documents and legislative texts and conducted interviews with representatives of the EU, NGOs and other stakeholders in the field of climate protection.

Their findings show that following the failed Copenhagen climate summit, there was a shift in EU policy away from legally binding and top-down emission reduction targets. This was influenced by emerging economies including China and India which had become more powerful and thus had increasingly become skeptical of the dominance of Western parties in the climate regime. At the same time, EU representatives realized that

”

Wir brauchen mehr Transparenz und Verbindlichkeit in der Klimapolitik. Und eine Diskussion auf Augenhöhe mit Entwicklungs- und Schwellenländern.

We need more transparency and legally binding commitments in climate policy. And a discussion on an equal footing with developing and emerging countries.

“

they could not impose their climate protection model on everyone else. Instead of clear guidelines, the focus shifted to dialog, shared leadership and voluntary commitments. “This made the Paris Agreement possible”, says Diez.

However, it also meant that the agreement is largely non-binding. “The voluntary commitments submitted by the states so far are not suitable for keeping global warming below 1.5 or 2 degrees Celsius”, says von Lucke. That is why von Lucke and Diez recommend bringing more transparency and legally binding commitments back into climate policy. Yet, the EU should avoid taking an arrogant position and imposing its own approach on others. “This needs to be a discussion on an equal footing with developing and emerging countries”, says von Lucke. Climate policy is not just a regulatory issue. It deals with issues of global justice, including poverty, health, colonial heritage or unfair trade conditions.

It is also important to foster a broad dialog from the diplomatic level, to social movements, and indigenous groups. Especially those who are particularly endangered should be able to contribute to the planning of European climate policy. And the EU must prove its credibility. “We also have to follow the standards we wish to impose on others ourselves”, says Diez. “The EU alone cannot stop climate change”, adds von Lucke, “but it's one of the largest contributors to CO₂ emissions. It must lead by example.” _____ //



coono
SHARED BY STADTWERKE TÜBINGEN

Genieße einfach den Lifestyle in Deiner Stadt – mit **COONO** bist Du maximal flexibel unterwegs. **COONO** – das sind E-Roller und E-Autos samt intuitiver Sharing-App.

Das COONO-Extra:

- ✓ KEINE Anmeldegebühr
- ✓ KEINE Kautions
- ✓ KEINE Grundgebühr

WWW.COONO-SHARING.DE

swt. Stadtwerke Tübingen



AOK
Die Gesundheitskasse.

Bescheinigung anfordern. Klick.

Von überall und jederzeit auf wichtige Dokumente zugreifen. **Jetzt downloaden!**

Als App im App Store und auf Google Play. Oder online unter meine.aok.de

MEINE AOK

ZGH 007626 - 05/2020 - Foto: Getty Images

GESUNDNAH
AOK Baden-Württemberg



KLINIKEN LANDKREIS SIGMARINGEN
SRH SIGMARINGEN
SRH KLINIKEN

GESUNDHEIT STEHT IM MITTELPUNKT

ARBEITEN BEI DEN SRH KLINIKEN LANDKREIS SIGMARINGEN GMBH

Die SRH Kliniken Landkreis Sigmaringen GmbH ist einer der größten Arbeitgeber im Landkreis Sigmaringen und von Focus Money als Top Arbeitgeber ausgezeichnet.

Wir sind akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen und können somit im **Praktischen Jahr** ausbilden. Außerdem unterstützen wir **Medizin-Studenten**, zum Sammeln von Praxiserfahrung, durch das **Förderprogramm Klinikstudent**.

Am Standort Pfullendorf befindet sich ein Ausbildungsinstitut für die Gesundheits- und Krankenpflege, sie hat ein Gütesiegel von Focus Money erhalten und zählt zu den besten Ausbildungsbetrieben.

Zudem bilden wir in folgenden Berufen aus (w/m/d):

- Medizinische Fachangestellte,
- Medizinisch-Technische-Radiologie-Assistenz,
- Medizinisch-Technische-Labor-Assistenz,
- Operationstechnische Assistenz,
- Anästhesietechnische Assistenz,
- Kaufmann im Gesundheitswesen.

Bei Interesse zu einem der aufgeführten Arbeitsbereiche melden Sie sich bei:
Christina Schmidt, Tel. +49 (0) 7571 100-2466 oder per Mail unter christina.schmidt@srh.de

TOP NATIONALER ARBEITGEBER 2020
FOCUS

BESUCHEN SIE UNS UNTER: WWW.SRH-KARRIERE.DE



Sicherheit ist Spezialwissen
weitergeben und von der Erfahrung anderer profitieren.

Prof. Dr. med. Christian Arnold
Chefarzt
Klinik für Gastroenterologie, Onkologie, Endokrinologie und Diabetologie
Friedrichshafen

PD Dr. med. Thorsten Lehmann
Chefarzt
Klinik für Allgemein- und Visceralchirurgie
Friedrichshafen

Friedrichshafen, Weingarten, Tettang:
12 spezialisierte Kompetenzzentren für mehr medizinische Exzellenz.
www.medizin-campus-bodensee.de

MEDIZIN CAMPUS BODENSEE

RWT

Wirtschaftsprüfer · Steuerberater
Rechtsanwälte · Unternehmensberater
Personalberater · IT Consultants



Dr. Michael Riedle
Steuerberater

Stolz darauf, ein RWT'ler zu sein.

„Es ist nicht egal, wo ich meine Karriere starte. Gerade im People Business zählen Perspektive und Werte, für die ein Unternehmen steht. Für mich zählen menschlicher Umgang, Verlässlichkeit und ein dynamisches Umfeld. Es zählt ... meine Zukunft.“

RWT · Reutlingen, Stuttgart, Albstadt · www.rwt-karriere.de

Fleischersatz aus dem Bioreaktor

Power to Protein: Meat Alternatives from the Bioreactor

TEXT
Judith Rauch

PHOTOS
Jörg Jäger

Um die Welt zu retten, braucht es neue Wege der Nahrungsmittelproduktion, ist Bioingenieur Lars Angenent überzeugt. Sein Team hat mithilfe von Bakterien und Pilzen eine proteinreiche Masse hergestellt – mit etwas Kochkunst könnte dies eine Alternative zu Burger oder Würstchen sein.

// To save our planet, we need to find new ways of producing food, says Bioengineer Lars Angenent. His team has used bacteria and fungi to produce a protein-rich mass that could easily become alternatives to burgers or sausages.

> deutsch

// _____ Sojabratlinge, Seitan-Würstchen oder Falafel: Alternativen zu Rind-, Schweine- und Hühnerfleisch werden immer beliebter. Nach Zahlen des Statistischen Bundesamts vom Juli 2020 erhöhte sich der Absatz von Fleischersatzprodukten innerhalb eines Jahres um 37 Prozent. 20.000 Tonnen kauften die Deutschen im ersten Vierteljahr, 85,1 Millionen Euro gaben sie dafür aus. Mit dem Corona-Ausbruch beim Fleischkonzern Tönnies dürften es noch einmal mehr geworden sein, die Alternativen zu tierischem Protein suchen. Dennoch bleibt der Fleischkonsum hoch: Im gesamten Jahr 2019 verzehrten die Deutschen Metzgereiwaren für 40,1 Milliarden Euro.

Die meisten Fleisch-Alternativen sind aus Pflanzen wie Sojabohnen oder anderen proteinreichen Hülsenfrüchten oder aus Getreide. Bastian Molitor hat aber ein weiteres Produkt entdeckt, das er gerne isst. „Quorn“ wird in England mithilfe von Pilzkulturen hergestellt. Je nach Zubereitung schmecke es wie Hühnchen-Geschnetzeltes oder wie Hackfleisch, berichtet der Biologe, und: „Es enthält alle Aminosäuren, die der Mensch braucht.“ Vegan sei Quorn nicht, der Hersteller füge Ei hinzu. Dafür aber täuschend tierisch: Einmal hat Molitor für seine Freundin zweierlei Klopse zubereitet, aus echtem Fleisch und aus Quorn. „Sie hat einen Unterschied gemerkt“, erzählt Molitor. „Allerdings hielt sie den Quorn-Klops für das Fleisch.“

Stromspeicherung in Bakterien

Das Experiment in der heimischen Küche hat Molitor nicht veröffentlicht. Dennoch hat sein Interesse für fleischlose Kost mit seinem Beruf zu tun: Er ist Gruppenleiter am Lehrstuhl von Professor Lars Angenent im Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, in der Gruppe für Umwelt-Biotechnologie, die nach den Worten Angenents ein Wunsch eint: „Wir wollen die Welt verändern.“

So entwickeln die Biotechnologen beispielsweise Verfahren, Kohlenstoff aus Industrie-Abwässern zurückzugewinnen, etwa aus Sauermolke, die bei der Joghurtherstellung übrig bleibt. Das so gewonnene Bio-Öl kann an Tiere verfüttert werden oder fossile Brennstoffe ersetzen. Aus Industrieabgasen wiederum gewinnen sie Alkohol, für den keine Pflanzen vergoren werden müssen. Selbst für die Speicherung von Strom setzen sie Bioreaktoren ein, in diesem Fall eine Kultur aus wärmeliebenden Archäen. Diese urtümlichen Bakterienverwandten produzieren Methangas als Stromspeichermedium, das ins öffentliche Gas-Netz eingespeist werden kann. Der Schritt zur biotechnologischen Herstellung von Proteinen für die menschliche Ernährung war da gar nicht so groß.



Dr. Bastian Molitor (l.), Professor Lars Angenent (r.)

Hefekulturen

werden zu Eiweiß

Zumal es Vorarbeiten aus den 1960er-Jahren gibt: Damals experimentierten die amerikanischen Forscher John F. Foster und John H. Litchfield im Auftrag der NASA mit Bakterienkulturen, die aus Ammoniak (etwa aus menschlichem Urin), Kohlendioxid und Wasserstoff Protein für die menschliche Ernährung herstellen sollten. Der Wasserstoff wurde mittels Elektrolyse aus Wasser gewonnen. Der Ansatz zielte auf ein geschlossenes System ab, bei dem Raumfahrer die Endprodukte ihres Stoffwechsels für die eigene Nahrungsproduktion wiederverwerten sollten. Besonders ergiebig war diese Produktion aber nie.

Noch länger zurück, schon 1910, befasste sich der deutsche Agrarchemiker Max Delbrück damit, Hefekulturen, etwa aus Brauereiabfällen, für die Eiweißherstellung einzusetzen. Hintergrund war die Angst, eine wachsende Weltbevölkerung nicht ernähren zu können. Zwar wurde diese durch die Erfindung von Kunstdünger und die Zucht ertragreicherer Getreidesorten gemindert, ganz aufgegeben wurde die Idee mit den Hefepilzen aber nie. Der britische Industrielle Arthur Rank suchte seit den 1960er-Jahren nach einem geeigneten Pilz – und brachte schließlich 1985 einen Fleischersatz auf den Markt, der seit 1990 als „Quorn“ verkauft wird. →

Energie zu Protein

„Wir haben die beiden Ansätze zu einem zwei-stufigen Prozess verbunden“, erklärt Molitor bei einem Rundgang durchs Labor im brand-neuen Geo- und Umweltforschungszentrum auf der Morgenstelle. Die Gruppe hat es im Frühsommer 2020 bezogen und nutzt es bereits, während an den Außenanlagen noch gearbeitet wird. „In einem ersten Bioreaktor produzieren Bakterien ein Zwischenprodukt, nämlich Essig“, erläutert er. „Den Essig nutzen dann im zweiten Reaktor unsere Hefen, gewöhnliche Bäckerhefen übrigens, um eine proteinreiche Masse zu bilden.“ Wenn die Anlage läuft, rieche es sehr gut, nach Hefe eben.

Allerdings: Gekostet hat noch niemand von dem Endprodukt. „Es ist ja nicht als Nahrungsmittel zugelassen.“ Den Bio-Ingenieuren genügte es zunächst, mithilfe biochemischer Analyseverfahren die Eigenschaften ihrer Versuchsergebnisse zu studieren und den Energieaufwand zu berechnen, der vor allem in die Elektrolyse fließt. „Wir wollten zeigen, dass es im Prinzip funktioniert“, sagt Lars Angenent.

Im Mai 2020 haben die beiden mit Doktorandin Akanksha Mishra und Postdoc Jean-Nepomuscene Ntihuga, die an den Experimenten beteiligt waren, ihre Ergebnisse in der Fachzeitschrift *Joule* veröffentlicht und mit den Ansätzen anderer Forschergruppen verglichen. „Power-to-Protein“ (Energie zu Protein) haben sie die neuen Verfahren getauft. Und gleich im Titel festgeschrieben, worum es geht: „Kohlenstoff-Fixierung mit erneuerbarer elektrischer Energie, um die Welt zu ernähren.“ Sie verweisen darin auf eine aktuelle Studie, die errechnet hat, welcher Anteil der weltweit zur Verfügung stehenden Energie für die Protein-Produktion gebraucht würde, würde die Menschheit ihren Bedarf ausschließlich aus dem Bioreaktor decken: 2,5 Prozent – ein recht geringer Wert.

Und was müsste man als Kunde dafür ausgeben? Auch das hat das Team errechnet: derzeit rund 9 Dollar, also 7,70 Euro pro Tag für die täglich benötigte Proteinmenge. Das erscheint hoch, vor allem in einem Land, in dem eine Packung Schnitzel im Supermarkt knapp zwei Euro kostet. Aber mit unserer Art der Ernährung könne es so wie gehabt eben nicht weitergehen, findet Angenent.



01

Fleischproduktion treibt Klimaerwärmung voran

„Ich habe nichts gegen Landwirtschaft“, stellt der Professor klar. „Schon gar nicht gegen eine ökologische Tierhaltung in vernünftigem Umfang.“ Gleich schwelgt er in Erinnerungen an die kleine Metzgerei, in der er als Kind in seiner Heimatstadt in den Niederlanden eingekauft hat. Die gibt es nicht mehr, stattdessen „Fleischfabriken wie dieser Tönnies, der geradezu Sklavenhaltung betreibt“. Und eine Fleischproduktion, die weltweit die Umwelt verwüste: mit ihrem Landverbrauch für die Futtermittelproduktion, dem Verlust von Insekten durch Monokulturen, dem Verbrauch von Wasser und fossilen Brennstoffen, einer „völlig ineffektiven Stickstoffnutzung“, die zur Verschmutzung der Gewässer durch Gülle und Kunstdünger führt, bis hin zur Produktion von Treibhausgasen wie Kohlendioxid und Methan, die den Klimawandel vorantreiben.

Doch auch im Umstieg auf eine stärker pflanzenbasierte Eiweißversorgung sieht Angenent keine ausreichende Lösung: „Wir können zehn Milliarden Menschen nicht mit Biolandwirtschaft ernähren.“ Auch deshalb nutzt der von ihm erdachte zweistufige Power-to-Protein-Prozess keinerlei pflanzliche Rohstoffe – anders als der Quorn-Hersteller, der seine Pilzkulturen mit Traubenzucker füttert. Es geht dem Forscher tatsächlich um eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft, die ohne fossile Rohstoffe auskommt – weswegen auch die Elektrolyse mit erneuerbarer Energie angetrieben werden soll.

”
**Um zehn Milliarden Menschen
ernähren zu können,
braucht es neue Wege der
Nahrungsmittelproduktion.**

**To feed ten billion
people, we need new ways
of producing food.**

“

Den supergrünen Fleischersatz wird es allerdings vorerst nicht zu kaufen geben. Einen Industriepartner haben die Tübinger noch nicht gefunden. Und obwohl Lars Angenent bereits den Anstoß zu zwei Start-ups gegeben hat, an denen er auch beteiligt ist, hält er sich selbst nicht für einen Unternehmer-Typ. „Ich wäre ein ganz schlechter CEO“, sagt er, „ich verliere mich zu sehr im Detail.“ Also betreibt er weiter seine Wissenschaft und wartet ab, bis sich, vielleicht unter seinen Doktoranden, eine Gründer-Persönlichkeit findet – mit viel Power für die industrielle Proteinproduktion. _____//

> english

//_____ Alternatives to beef, pork, and chicken are becoming increasingly popular with soy burgers, seitan sausages, or falafel all finding their place in a greener kitchen. According to figures from the Federal Statistical Office of July 2020, sales of meat alternative products in Germany have increased by 37 percent within one year. Germans bought 20,000 tons of meat alternatives in the first quarter of 2020 worth 85.1 million euros. With the outbreak of coronavirus at the meat processing plant Tönnies in Germany, it is likely that interest will rise even further in finding alternatives to meat. Nevertheless, meat consumption still remains high in Germany: The meat market here was worth 40.1 billion euros in 2019.

Most meat alternatives are made from plants such as soybeans, protein-rich legumes or cereals. Bastian Molitor also likes to eat Quorn, which is produced in England using fungal single-cell protein. He has a professional interest in a meatless menu as the group leader for the Environmental Biotechnology at the Center for Applied Geoscience in the Angenent Lab, which, according to Angenent, has one mission: “We want to change the world.”

To achieve this mission, the biotechnologists are developing processes for recovering carbon from industrial waste, such as acid whey, which is left over from Greek yogurt or →



02

01 Auf dem Füllmaterial aus Kunststoff wachsen im Bioreaktor Mikroben.
// Microbes grow on the plastic filling material in the bioreactor.

02 Im Labor werden die Abläufe im eigens konstruierten Bioreaktor durchgespielt.
// In the laboratory, the processes are carried out in a specially designed bioreactor.



03

quark production. The organic oil obtained in this process can be fed to animals or used to replace fossil fuels. They can also produce alcohol from the carbon dioxide or carbon monoxide in industrial exhaust gases. They even use bioreactors for storing electricity using a culture of heat-loving archaea. These remarkable microbes produce methane gas that can be fed into the public gas network, storing electricity. The step towards producing protein for human consumption was not a big one.

Turning single-cell protein into human food

Especially as some of the work has been done already: In the 1960s, American researchers John F. Foster and John H. Litchfield were commissioned by NASA to conduct experiments using bacterial cultures for producing protein for human consumption from ammonia (extracted from human urine), carbon dioxide and hydrogen. The hydrogen was recovered from water by electrolysis. The approach was aimed at creating a closed system in which astronauts could recycle their own waste products to produce food.

As early as 1910, the German agricultural chemist Max Delbrück investigated the use of yeast cultures, for example from brewery waste, for protein production. The reason for this was the fear of being unable to feed a growing world population. British industrialist Arthur Rank also began looking for a suitable mushroom in the 1960s – and finally launched a meat replacement product in 1985, which has been marketed as Quorn since 1990.

Converting power to protein

“We have combined both approaches into a process with two stages”, explains Molitor during a tour of the laboratory at the new Center for Applied Geoscience, which his group moved into in early summer 2020. “In the first bioreactor, bacteria produce vinegar as an intermediate product”, he explains. “This vinegar is combined with ordinary baker’s yeast in a second reactor to form a protein-rich mass.” When the bioreactor is running, it smells very good, just like yeast.

Nevertheless, nobody has actually tasted the product yet, as it has not been officially approved for human consumption. However, the yield was sufficient for the bioengineers to study their product using biochemical analysis methods to calculate the energy requirement, which is mainly used for electrolysis. “We wanted to show that it works in principle”, says Angenent.

In May 2020, together with PhD candidate Akanksha Mishra and postdoc Jean-Nepomuscene Ntihuga, the two researchers published their results in the journal *Joule*, comparing their findings to other research groups. They call the new method “Power-to-protein” and the title explains the mission behind their work: “Carbon fixation with renewable electrical power to feed the world.” They refer to a recent study that has calculated how much of the world’s energy supply would be required to produce protein worldwide if humanity were to meet its needs exclusively using bioreactors: At 2.5 percent this is a fairly low value.

The team has calculated that consumers would currently have to spend around 9 US dollars or 7.70 euros per day for the daily amount of protein required. This seems high, especially in a country where a packet of schnitzel costs around two euros in the supermarket. Angenent believes, however, that our diets need to change for the sake of the planet.

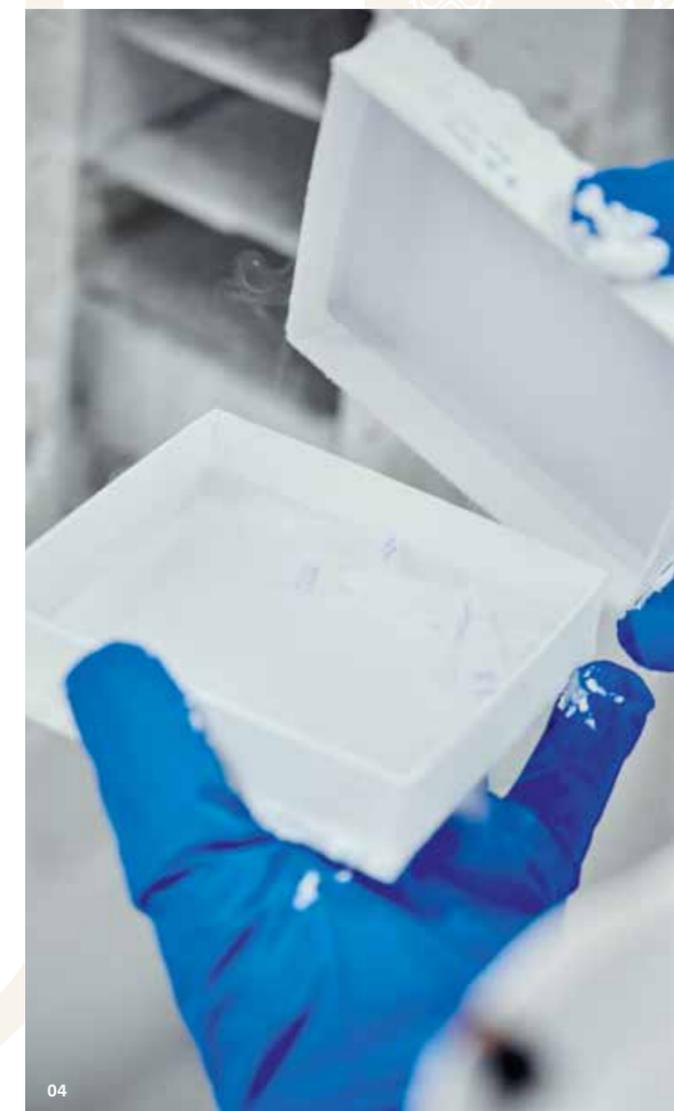
Meat production drives climate warming

“I have nothing against agriculture”, clarifies Angenent. “Especially not against organic and sustainable farming. But today’s meat production is devastating the environment: with excessive land use for animal feed, the loss of insects caused by monocultures, excessive consumption of water and fossil fuels, a completely ineffective use of nitrogen that leads to water pollution by manure and artificial fertilizers, as well as the production of greenhouse gases such as carbon dioxide and methane that drive climate change.”

Nor does he see a sufficient solution in switching completely to plant-based protein: “We cannot feed ten billion people with organic farming.” This is another reason why the two-stage power-to-protein process he has devised does not use any vegetable raw materials – unlike the glucose used by Quorn to feed fungus cultures. His main concern is contributing to a sustainable circular economy that does not require fossil raw materials – which is why the electrolysis used in the process should also use renewable energy.

However, the new meat alternative won’t be available in supermarkets for a while, as the scientists have not yet found a commercial partner. Although Angenent has already inspired two start-ups, in which he is also involved, he does not consider himself to be an entrepreneur. “I would be a very bad CEO”, he says, “I get lost in the detail too much.” Angenent intends to carry on focusing on his research and bide his time until he finds someone with the power to drive protein production forward on a commercial level, perhaps among his doctoral candidates. _____ //

- 03** Lars Angenent und Bastian Molitor wollen die Welt ein Stückchen besser machen. // Lars Angenent and Bastian Molitor want to make the world a little better.
- 04** Produkt aus dem Bioreaktor: Die Hefebiomasse wird zur späteren Analyse bei -80 Grad eingefroren. // Yield from the bioreactor: The yeast biomass is frozen at -80 degrees for later analysis.



04

Grüne Energie mit Nebenwirkungen

Green Energy with Side Effects

TEXT
Gunther Willinger

Wasserkraft liefert CO₂-neutrale Energie. Gleichzeitig bedeuten Staudämme gewaltige Eingriffe in Ökosysteme in und an Gewässern. Unerwünschte Folgen und andere Wechselwirkungen untersucht die Umweltwissenschaftlerin Christiane Zarfl mit einem interdisziplinären Team.

// Hydropower supplies carbon-neutral energy. At the same time, dams cause massive interference within river ecosystems. Environmental researcher Christiane Zarfl investigates the effects of hydropower on ecosystems with an interdisciplinary team.



> deutsch

// _____ Flüsse sind die Versorgungsadern unserer Landschaft – und äußerst komplexe Systeme. Da verwundert es nicht, dass Christiane Zarfl weiter ausholen muss, wenn sie über ihre Forschung spricht. Die Professorin für Umweltsystemanalyse erforscht am Zentrum für angewandte Geowissenschaften die vielschichtigen ökologischen Zusammenhänge in Fließgewässern – und versammelt in ihrer interdisziplinären Arbeitsgruppe Systemwissenschaftler, Geologen, Geoökologen und Umweltingenieure.

Genau wie unsere Adern transportieren Flüsse neben Wasser auch lebenswichtige Elemente wie Kohlenstoff, Stickstoff oder Phosphor. Unterbricht man den Wasserstrom oder verlangsamt die Fließgeschwindigkeit – etwa durch einen Staudamm –, kann das weitreichende Folgen haben. Die Umweltsystemanalyse untersucht nicht nur Wechselwirkungen innerhalb solcher Ökosysteme, sondern auch, wie sich menschliche Einflüsse auswirken, sei es durch Pestizid-Belastung oder den Einsatz von Wasserkraft.

Von der idyllischen Mühle am rauschenden Bach bis zum Megastaudamm: Die Kraft der Fließgewässer liefert seit Jahrhunderten abgasfreie Energie. Zudem dienen Stauseen als Speicher für Bewässerung und Trinkwasser und zur Kontrolle von Hochwasserereignissen. Eine der dringend benötigten regenerativen Energiequellen also, um die drohende Klimakatastrophe abzuwenden. Doch wie grün ist die Energie aus Wasserkraft wirklich?

Wasserkraft verändert das Ökosystem

Aus ökologischer Sicht haben Dämme gravierende Nachteile. Sie verändern oder unterbinden die Flussdynamik aus Hoch- und Niedrigwasser, beeinflussen die Ablagerung von Sedimenten und unterbrechen Stoffkreisläufe. Das gespeicherte Wasser, Sedimente und Nährstoffe fehlen in den Lebensräumen flussabwärts. Auen- und Überschwemmungsbereiche fallen trocken und verlieren ihre Funktion als Wasser- und Kohlenstoffspeicher und als Lebensraum für Tiere. Für Fische und andere Flussbewohner sind Staudämme unüberwindbare Hindernisse, und für Menschen können sie eine existenzielle Bedrohung sein, etwa wenn Fischgründe zerstört werden. „In Europa oder den USA werden inzwischen Dämme zurückgebaut, weil sie nicht mehr wirtschaftlich sind oder man erkennt, dass die Umweltschäden schwerer wiegen als der Energiegewinn“, berichtet Christiane Zarfl.



02



03

Hier könnte die Umweltsystemanalyse ins Spiel kommen: Sie kombiniert Daten von Satelliten und Geographischen Informationssystemen (GIS) mit computergestützten Modellen – so lassen sich komplexe Effekte menschlicher Eingriffe ins Ökosystem abschätzen. Im Idealfall würde solch eine Datenauswertung mit in das Flussmanagement einfließen. In der Praxis jedoch fehlen oft belastbare Daten zu den sozialen und ökologischen Folgen von Staudämmen, wie Zarfl selbst feststellen musste.

„Im Vorfeld der Klimakonferenz 2015 haben wir uns gefragt, welche Auswirkungen immer mehr Staudämme auf die Flussökosysteme haben“, erzählt die Umweltwissenschaftlerin von den Anfängen ihres Forschungsprojekts, damals am Leibniz-Institut für Gewässerökologie in Berlin. Schon grundlegende Fragen, etwa nach der Anzahl und dem Standort bestehender und vor allem geplanter Staudämme, erwiesen sich als schwer zu klären. Also sammelte das Team erst einmal Daten. →

01 Durch Staudämme führen Flüsse weniger Sedimente mit sich – Hochwasser können eine Folge davon sein. // With dams, rivers carry less sediment – floods can be a consequence.

Photo: iStock.com/shaunl

02 Professorin Christiane Zarfl

03 Dr. Ana Lucía Vela

Photos: Friedhelm Albrecht



02

Nur wenige Flüsse fließen noch frei

Das Ergebnis der aufwendigen Recherche: Weltweit gibt es bereits 40.000 größere Staudämme mit einer Kapazität von mehr als einem Megawatt, mindestens 3.700 weitere sind geplant. Zum Vergleich: Das Tübinger Neckarkraftwerk in der Rappenberghalde hat eine Kapazität von 1,5 Megawatt. Zählt man nicht nach Kapazität des Reservoirs, sondern nach Höhe der Staumauern mit mehr als 15 Metern, kommt man sogar auf 58.000 Dämme weltweit.

In den USA, Europa, Südafrika, Indien und China ist die Fragmentierung der Flüsse am weitesten fortgeschritten. Die meisten geplanten Dämme liegen in den Tropen, wo besonders die Flusssysteme des Amazonas, Niger, Kongo, Salween (China/Myanmar) und Mekong betroffen sind. Gerade an diesen fischreichen Flüssen sind viele Menschen auf Fisch als Nahrungsgrundlage angewiesen, wie Zarfl in einer eigenen Studie zeigen konnte.

In Europa fließen nur auf dem Balkan noch etliche Flüsse weitgehend natürlich. Darunter die Vjosa, die im griechischen Pindos-Gebirge entspringt und in Albanien in die Adria mündet. Doch auch hier sind Staudämme in Arbeit: Die Initiative zum Schutz der Balkanflüsse „Save the Blue Heart of Europe“, mit der Zarfl bei der Datenerhebung kooperiert, verzeichnet auf der gesamten Balkanhalbinsel 2.800 geplante Wasserkraftwerke.

Zarfls Team arbeitet zudem an einer globalen Staudamm-Datenbank mit, die inzwischen als wichtige Datenbasis zum Thema gilt und öffentlich unter www.globaldamwatch.org zugänglich ist. „Einen umweltfreundlichen Staudamm gibt es leider nicht, aber es kommt schon sehr darauf an, wie und wo der Damm geplant wird“, erläutert die Wissenschaftlerin. Verschiedene Maßnahmen wie Fischtreppen, Stollen zur Umleitung von Sedimenten, Turbinentechnik oder das Simulieren natürlicher Abflussmengen („environmental flow“) können die negativen Auswirkungen von Wasserkraftanlagen verringern.

Warum Sedimente wichtig sind

Welche enormen Folgen die Wechselwirkungen zwischen gestauten Flüssen und Fluss-Sedimenten haben können, zeigt die Forschung von Ana Lucía Vela, promovierte Geologin in Zarfls Arbeitsgruppe. Sie beschäftigt sich mit der Entstehung und Verteilung von Sedimenten: Sand, Kies und Schlack entstehen entweder aus Bodenerosion am Fluss, oft verstärkt durch menschliche Landnutzung, oder direkt durch Auswaschung im Flussbett.

Verlangsamte Staudämme im Oberlauf der Flüsse die Fließgeschwindigkeit, setzen sich im aufgestauten Bereich mehr Sedimente ab und fehlen flussabwärts. Der Landwirtschaft fehlt fruchtbarer Schlick, der wertvolle Nährstoffe bringt. Und das Flussbett unterhalb des Damms wird schmaler: Sand- und Kiesbänke verschwinden, und mit ihnen wichtige Lebensräume für Fische, Krebse, Vögel und Wasserinsekten. Füllt sich der Stausee mit der Zeit mit immer mehr Sedimenten, kann dies zudem zum Problem für die Stromerzeugung werden, die Lebensdauer der Staudämme nimmt ab. Wissenschaftlerin Vela schätzt nach der Auswertung der Daten für Afrika, dass sich die Lebensdauer der Dämme dort durch den Klimawandel um zwanzig bis vierzig Prozent im Vergleich zu heute verringern könnte.

Nicht zuletzt verändern gestaute Flüsse die Lebensräume des Menschen, beispielsweise durch das Phänomen des „delta drowning“. Mehr als 350 Millionen Menschen leben welt-

weit im Mündungsbereich von Flüssen, viele dieser Gebiete werden intensiv landwirtschaftlich genutzt. Die Anhäufung von Sedimenten wirkt hier der Erosion durch das Meer entgegen und sorgt dafür, dass das Delta nicht unter den Meeresspiegel sinkt. Bleiben die Sedimente durch Staudämme aus, droht der allmähliche Untergang des Flussdeltas. Der durch den Klimawandel ansteigende Meeresspiegel verschärft die Problematik.

In betroffenen Küstengebieten versalzen Böden und Grundwasser, Land erodiert und Überschwemmungen häufen sich. Wie katastrophal sich das auswirken kann, ist im spanischen Ebro-Delta zu sehen, wo durch zahlreiche Staudämme flussaufwärts nur noch weniger als ein Prozent der ursprünglichen Sedimentmenge ankommt. Gepaart mit dem Sturm Gloria führte dies Anfang 2020 zu massiven Überschwemmungen.

Flussdeltas verlieren

Qualität als Lebensraum

Die Datenbank von Zarfls Arbeitsgruppe diente einer 2019 veröffentlichten Studie als Grundlage. Frances Dunn von der Universität Utrecht modellierte hier die Auswirkungen von Klimawandel und Staudambau auf 47 Flussdeltas weltweit. Und kam zu der Erkenntnis, dass der Klimawandel zwar durch häufigere Niederschläge zu mehr Bodenerosion und damit zu mehr Sedimenten in Mündungsgebieten führe. Doch dieser für das Delta positive Effekt werde durch den Bau von Staudämmen und den Anstieg des Meeresspiegels wieder zunichte gemacht: „Unter dem Strich verschärft sich die Problematik künftig wohl massiv“, sagt Christiane Zarfl.

Die Studien führen immer wieder eines vor Augen: Jeder Eingriff in die ökologischen Zusammenhänge eines Flusses will wohlüberlegt sein. Die Umweltsystemanalyse kann dabei mit ihrem umfassenden Ansatz einen wertvollen Beitrag leisten. Eine wichtige Lehre, die Zarfl aus ihrer Arbeit zieht: „Nicht alles, was gegen den Klimawandel wirkt, ist automatisch auch gut für unsere Ökosysteme. Wenn wir durch Wasserkraft fossile Brennstoffe einsparen können, müssen wir trotzdem sehr genau hinschauen, welche ökologischen und sozialen Folgen wir dabei verursachen.“ _____ //

04 Der Tagliamento in Oberitalien ist einer der letzten Wildflüsse der Alpen. // The Tagliamento in northern Italy is one of the last wild rivers in the Alps.

Photo: Christiane Zarfl

58.000

Staudämme haben eine Höhe von mehr als 15 Metern
dams have a height of more than 15 meters

> english

// _____ Rivers are the supply lines of our natural landscape – and extremely complex systems. It is therefore no surprise that Christiane Zarfl has much ground to cover when she talks about her research. The Professor of Environmental Systems Analysis at the Center for Applied Geoscience explores the complex ecological relationships in rivers together with system scientists, geologists, geoecologists and environmental engineers in her interdisciplinary working group.

Just like our veins, rivers carry not only water but also vital elements such as carbon, nitrogen or phosphorus. If the water flow is interrupted or the flow velocity is slowed down by a dam, this can have far-reaching consequences. Environmental systems analysis considers interactions within water ecosystems and human influences on them such as pesticide exposure or hydropower.

From mills to the mega dam: Flowing water has been used to supply emission-free energy for centuries. Reservoirs are also constructed for irrigation and drinking water and for flood control. Water is an important source of renewable energy urgently needed to mitigate the imminent climate catastrophe. But how green is the energy from hydropower really?

Hydropower changes ecosystems

From an ecological point of view, dams have serious side effects. They change or suppress the flow dynamics of high and low water discharge, affect the transport of sediments and interrupt biogeochemical cycles. Water, sediments and nutrients stored in dams cannot reach habitats downstream. Forest and flood areas run dry and lose their function as water and carbon storage and as habitats for animals. For fish and other river dwellers, dams are insurmountable obstacles, and for humans, they can be an existential threat, such as when fishing grounds are destroyed. “Dams are now being dismantled in Europe or the USA because they are no longer economical or because the environmental damage outweighs the energy gains”, reports Christiane Zarfl.

→

”

Nicht alles, was gegen den Klimawandel wirkt, ist automatisch auch gut für unsere Ökosysteme.

Not everything that helps against climate change is automatically good for our ecosystems.

“

This is where environmental systems analysis comes in: It combines data from satellites and geographic information systems (GIS) with computer models, which can give scientists an estimation of the complex effects of human intervention on ecosystems. Ideally, evaluating these data should be a key part of flow management. In practice, however, reliable data on the social and environmental consequences of dams and fundamental data on the number and location of existing and planned dams are often lacking, which is why Zarfl and her team began to collect data.

Only few rivers
are still free-flowing

Worldwide there are already 40,000 larger dams, at least 3,700 more are planned with a capacity of more than one megawatt each. If dams are counted by height up to 15 meters instead of reservoir capacity, there are 58,000 dams worldwide.

River fragmentation is most advanced in the US, Europe, South Africa, India and China. Most of the planned dams are located in the tropics, where the river systems of the Amazon, Niger, Congo, Salween (China/Myanmar) and Mekong are particularly affected, many people in these regions also depend on fish as a primary source of food.

In Europe, it is only in the Balkans that many rivers like the Vjosa still flow largely naturally – but dams are also being planned here. The “Save the Blue Heart of Europe” initiative for the protection of the Balkan rivers, which Zarfl is cooperating with, has recorded plans for 2,800 hydroelectric power stations throughout the Balkan Peninsula. Zarfl’s team is also working on a global dam database publicly available at www.globaldam-watch.org. “Unfortunately, there is no such thing as an environmentally friendly dam, but it depends on how and where the dam is planned”, the researcher explains. Various measures such as fish ladders, sediment diversion tunnels, turbine technology or the simulation of environmental flow can help to reduce the negative impact of hydropower.



Why sediments
are important

Research by Ana Lucía Vela, a postdoctoral geologist in Zarfl’s work group, shows the significance of the interaction between dammed rivers and river sediments. It deals with the dynamics of sediment transport and distribution: Sand, gravel and mud are released either from soil erosion to the river, often reinforced by human land use, or are washed out directly from the river bed.

If upstream dams slow down the flow velocity, more sediments settle in the accumulated area and cannot reach areas downstream. Agriculture lacks fertile mud that provides valuable nutrients. And the river bed beneath the dam becomes narrower: Sand and gravel banks disappear, and with them important habitats for fish, crabs, birds and water insects. If the reservoir becomes filled with more sediment over time, this can also inhibit power generation, reducing the lifespan of the dam. Ana Lucía Vela estimates that the dam lifespan in Africa could be reduced by twenty to forty percent due to climate change.

Dammed rivers also change human habitats, for example through delta drowning. More than 350 million people worldwide live in river estuaries, many of which are intensively used for agriculture. The accumulation of sediments counteracts erosion by the sea and ensures that the delta does not fall below sea level. If the sediments are blocked by dams, the river delta is threatened with gradual decline.

In such coastal areas, soils and groundwater salinify, land erodes and floods accumulate. The catastrophic effects are visible in the Spanish Ebro Delta, where less than one percent of the original sediment arrives due to dams upstream. Combined with the Gloria storm, this led to massive flooding in early 2020. The rising sea level caused by climate change has exacerbated the problem. “On balance, delta drowning is likely to become more acute in the future”, says Christiane Zarfl.

All studies show that each and every human intervention in river ecosystems must be carefully considered. An important lesson Zarfl draws from her work: “Not everything that helps against climate change is automatically good for our ecosystems. If we can save fossil fuels through hydropower, we must take a very close look at the environmental and social consequences of this.” _____ //



05 Die Eingriffe in Flussläufe führen zur vermehrten Ablagerung von Sedimenten. // The interventions in river courses lead to increased sediment deposition.
Photos: Ana Lucía Vela (oben), picture alliance / dpa (unten)

Algorithmen für die Energiewende

Algorithms for the Energy Transition

Stromerzeugung aus Wind und Sonne ist wetterabhängig. Das führt zu Schwankungen bei der Einspeisung ins Netz und beim Strompreis. Tübinger Informatiker haben ein Verfahren entwickelt, das Produktionsprozesse darauf optimiert.

// Generating electricity from solar and wind energy depends on the weather. This leads to fluctuations in the supply to the grid and the price of electricity. An algorithm optimizes production processes.

TEXT Maximilian von Platen

> deutsch

// _____ Der Anteil Erneuerbarer Energien betrug 2019 in Deutschland 46,1 Prozent, Tendenz steigend. Das Problem: Ihre Quellen sind wetterabhängig. Im Stromnetz müssen sich aber zu jedem Zeitpunkt Energieerzeugung und -verbrauch die Waage halten, sonst kommt es im schlimmsten Fall zum Blackout. „Wir werden bald in der Lage sein, so viel Erneuerbare Energien zu produzieren wie wir durchschnittlich benötigen“, erklärt Informatiker Michael Menth. „Aber wir werden es nicht schaffen, jederzeit genügend Energie bereitzustellen, zum Beispiel in der ‚dunklen Flaute‘ – nachts und bei Windstille.“ Der Professor für Kommunikationsnetze an der Universität Tübingen sucht mit Partnern aus der Industrie nach anwendungsbezogenen Lösungen.

In einem Kooperationsprojekt mit der AVAT GmbH und der Hochschule Reutlingen haben sich Menth und sein Team mit Prozessoptimierung in Abhängigkeit vom Strompreis beschäftigt. „Während Privatverbraucher Langzeitverträge mit festen Strompreisen haben, können Großverbraucher kurzfristig an den Börsen einkaufen. Dort bestimmen Angebot und Nachfrage die Strompreise. Für den Day-Ahead-Handel, an denen Energie für den Abruf am

nächsten Tag in Stundenblöcken gehandelt wird, gibt es gute Preisvorhersagen. Mit ihrer Hilfe könnten industrielle Großverbraucher energieintensive Prozesse so gestalten, dass Energie bevorzugt in Zeiten günstiger Strompreise verbraucht wird, um Kosten zu sparen“, so Menth. Damit könnte Energieverbrauch in Zeiten verlagert werden, in denen genügend Erneuerbare Energien zur Verfügung stehen, was zu deren Integration beiträgt.

„Zementproduktion ist energieintensiv und für acht Prozent der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Darum haben wir für unsere Studien ein Zementwerk gewählt“, erklärt Thomas Stüber, ehemaliger Master-Student im Projekt und jetzt Doktorand. „Wir haben Produktionsabläufe, Speicher und Randbedingungen modelliert und dann ein Optimierungsproblem formuliert, das Strompreisprognosen berücksichtigt.“ Menth erklärt: „Wir wenden hier vielfältige informatische Methoden an: Modellierung und Integer Linear Programs (ILP) zur Beschreibung von Optimierungsproblemen, die wir durch intelligente Algorithmen-Programme lösen können. Die Modellierung ist so flexibel gehalten, dass sie auch auf andere Prozesse anwendbar ist.“

Das Ergebnis überzeugt: Für das Zementwerk wurde ein Einsparpotenzial von elf Prozent der Energiekosten ermittelt. Energieintensive Großverbraucher können somit ihre Produktionsprozesse optimieren und gleichzeitig zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes beitragen. Stübers Masterarbeit wurde 2019 mit dem Nachhaltigkeitspreis der Universität Tübingen ausgezeichnet, das Projekt erhielt von der IHK Reutlingen die „Auszeichnung für exzellenten Technologietransfer“.

Die AVAT GmbH hat ein marktfähiges Produkt aus den Ergebnissen der Studie entwickelt, nur sechs Monate nach Projektende. „Unser Projekt verdeutlicht, wie die Informatik zur Energiewende beitragen kann“, freut sich Menth. _____//

> english

// _____ In 2019, the share of renewable energy supply in Germany was 46.1 percent, a figure which is on an upward trend. However, a drawback to renewable energy is that some sources are dependent on the weather. In the power grid, however, energy generation and consumption must be balanced at all times, otherwise a blackout could occur. “We will soon be able to produce as much renewable energy as we need on average”, explains computer scientist Michael Menth. “But we will not be able to provide enough energy at all times, for example at night and if there is no wind.” As Professor for Communication Networks at the University of Tübingen, Menth is looking for application-related solutions with partners from industry.

In partnership with AVAT GmbH and Reutlingen University of Applied Sciences, Menth and his team set out to optimize schedules for energy-intensive industrial processes based on pricing. “While private consumers have long-term contracts with fixed electricity prices, industrial consumers can purchase directly from energy markets at real-time pricing. Here, the price is determined by supply and demand. There are good price forecasts for the day-ahead markets where energy is traded in hourly blocks for using on the following day. Using these, industrial consumers could plan energy-intensive processes in such a way that energy is preferably consumed in times of favorable electricity prices in order to save costs”, says Menth. This could shift energy consumption in times when sufficient RES is available, which would lead to a greater use of renewable energy.

“Cement production is energy-intensive and accounts for eight percent of greenhouse gas emissions. That’s why we chose a cement plant for our research”, explains doctoral candidate Thomas Stüber, who contributed to the project during his Master’s degree. “We modeled production processes, storage and boundary conditions and then formulated an optimization problem based on electricity price forecasts.” Menth explains: “We use a number of complex computer science methods here including modeling and Integer Linear Programs (ILP) to describe optimization problems that we can solve with intelligent algorithms. The model has been designed for maximum flexibility and can be applied to other processes.”

At the cement plant, the model was used to successfully calculate a potential saving in energy costs of eleven percent. Industrial consumers can therefore use the model to optimize their production processes and reduce CO₂-emissions at the same time. Stüber’s thesis was awarded the Sustainability Award of the University in 2019, and the project received the “Award for Excellent Technology Transfer” from the Chamber of Industry and Commerce in Reutlingen.

AVAT has developed a marketable product from the results of the study only six months later. “Our project clearly demonstrates how computer science can contribute to the energy transition”, concludes Menth. _____//

”
Unser Projekt verdeutlicht, wie die Informatik zur Energiewende beitragen kann.

Our project clearly demonstrates how computer science can contribute to the energy transition.

“



Professor Michael Menth
Photo: privat

Tübingen steht Modell für die Verkehrswende

Tübingen as a Model for Smart Mobility

TEXT
Stephan Köhnlein

Wie verbindet man Verkehrsmittel so miteinander, dass die Umwelt geschont wird und die Kombinationen für Nutzer attraktiv sind? Geografen erheben dazu Daten aus Tübingen – die Erkenntnisse könnten Modellcharakter für andere Städte haben.

// How to combine different modes of transport in a way that protects the environment and offers an attractive service? Geographers are collecting data in Tübingen for a multimodal app.

> deutsch

// _____ Mit dem Auto zum Bahnhof, dann mit dem Zug weiter in die Stadt und von dort mit dem Bus oder dem Leihfahrrad ans Ziel – so könnte ein nachhaltiges Verkehrskonzept der Zukunft aussehen. „Wir brauchen heute für unterschiedliche Wegabschnitte unterschiedliche Verkehrsmittel, um uns optimal fortzubewegen“, sagt der Tübinger Geografie-Professor Olaf Kühne.

Doch diese sogenannte multimodale Fortbewegung stellt große Herausforderungen an die Verlässlichkeit und Abstimmung der Verkehrsmittel aufeinander – schließlich soll bei einem unvorhergesehenen Ereignis wie einer Verspätung nicht die gesamte Reiseplanung hinfällig werden. Im Auftrag der Tübinger Stadtwerke hat Kühne mit seinem Team vom Lehrstuhl für Stadt- und Regionalentwicklung in einer Online-Befragung die Einstellungen und Bedürfnisse der Bürger erhoben. Die Erkenntnisse sollen die Basis für eine App bilden.

„Die verschiedenen Nutzer- und Bevölkerungsgruppen, die in Tübingen auf Mobilität angewiesen sind, sollen ihre unterschiedlichen Bedürfnisse in Sachen Mobilität mit nur einer App abdecken können, um beispielsweise auf das eigene Auto zu verzichten“, sagt Johanna Eisele, Mobilitätsmanagerin bei den Stadtwerken. Weil man die Entscheidung für eine App auch auf wissenschaftlich fundierte Ergebnisse aufbauen wolle, sei →

40%

die Universität von Anfang an Wunschpartner der Stadtwerke gewesen. Eines der zentralen Ergebnisse der Befragung: Potenzial ist in Tübingen vorhanden. Ein beträchtlicher Teil der Autofahrer wäre bereit, auf das eigene Fahrzeug zu verzichten, wenn es eine entsprechende App gäbe.

Grundsätzlich ist für die Nachhaltigkeit eines Verkehrskonzepts der Schadstoffausstoß ein Indikator. Dabei geht es nicht nur um Kohlendioxid, sondern auch um Stickoxide oder Feinstaub. Hinzu kommen soziale Aspekte: Fühlen sich die Menschen wohl? Wie sieht es mit Verständnis und Rücksichtnahme der Verkehrspartner füreinander aus? Und schließlich muss sich das Konzept für Anbieter wie für Nutzer lohnen.

Lange Zeit haben sich die Menschen in Industriestaaten überwiegend monomodal fortbewegt: „Man hat ein Verkehrsmittel benutzt – und das war meistens das Auto“, sagt Kühne. Besonders extrem ausgeprägt erlebte er das in den USA, wo er viel gearbeitet hat. In Deutschland gebe es dagegen einen vergleichsweise gut ausgebauten Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). „Damit haben wir uns alternative Raumüberwindungsstrategien zumindest erhalten.“

Nicht nur an die Städte denken

Bei multimodalen Konzepten liegt eine große Herausforderung in der Gestaltung der Knotenpunkte, an denen die Menschen umsteigen: Welche Kombinationsmöglichkeiten habe ich? Welche Möglichkeiten brauche ich an solchen Mobilitätspunkten? Oder auch: Wie kann ich Einkäufe temporär verstauen? Nicht nur in diesem Punkt seien Verkehrskonzepte mit nachhaltigem Städtebau verknüpft. Aber es geht nicht nur um Städte. „Wir müssen uns auch Gedanken machen, wie wir Mobilität außerhalb der städtischen Kernräume gestalten“, sagt Kühne.

Und man müsse an die Menschen denken, deren Bedürfnisse bei der Befragung über das Internet nicht oder nur teilweise erfasst wurden, beispielsweise Ältere oder Menschen mit Migrationshintergrund. „Deswegen müssen wir bei Mobilität sehr individuelle Ansprüche und Fähigkeiten berücksichtigen und dürfen nicht alles nur unter das Motto Schadstoffreduktion stellen.“

Tübingen als ideales Testfeld

Eine App bietet zunächst große Vorteile: „Für eine Verbindung muss ich nicht mehr am Bahnschalter Kursbücher wälzen wie noch vor wenigen Jahrzehnten“, sagt Kühne. Sei die App lokal ausgerichtet, könne man auf spezifische Bedürfnisse und Gegebenheiten eingehen. Tübingen sei wegen seiner hügeligen Lage für Fahrradfahrer eine große Herausforderung – und gerade deswegen für eine Form der Mobilität prädestiniert, bei der man auf verschiedene Verkehrsmittel zurückgreife.

der Autofahrer sind bereit, auf das Auto zu verzichten und den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zu nutzen, wenn es eine Mobilitäts-App gibt.

of drivers are willing to switch from their cars to public transport if there is a mobility app.

Aber nur weil achtzig bis neunzig Prozent der Menschen eine App nutzten, dürfe man die anderen nicht vergessen. Kühne erzählt, wie er in einem anderen Bundesland erlebt habe, dass der ausgehängte Fahrplan veraltet war und extrem von der App abwich. „Für manche gehört es nicht zum täglichen Leben, sich mit dem Handy zu informieren. Und wenn der Bus nur einmal die Stunde fährt, ist der Fahrplan entscheidend.“ Deswegen solle die App auch nichts ersetzen.

Den Stadtwerken geht es ebenfalls nicht nur um die multimodale App, „sondern auch darum, die Sharing-Angebote in Tübingen auszuweiten, um eine zuverlässige und hohe Verfügbarkeit zu bieten“, wie Eisele betont. „Hier wollen wir möglichst gut unterschiedliche Bedürfnisse erfüllen.“ Dies sei eine Möglichkeit, die Lebensqualität in der Stadt zu verbessern.

Auch unter demografischen Aspekten bietet sich Tübingen als Testfeld für eine App an: Die Bevölkerung ist jung, akademisch und stark für Nachhaltigkeitsfragen sensibilisiert. „Wir können hier vieles ausprobieren“, sagt der Geograf. „Die junge, technikaffine Bevölkerung reagiert wahrscheinlich etwas toleranter und kenntnisreicher, wenn etwas nicht auf Anhieb funktioniert. Wenn es hier funktioniert, könnten wir die Ergebnisse zumindest in Teilen auf andere Städte übertragen.“

Die Erhebung The survey

Olaf Kühne und sein Team vom Lehrstuhl für Stadt- und Regionalentwicklung haben die Menschen der Region online zu einer Mobilitäts-App befragt und 325 voll auswertbare Antworten erhalten. Beteiligt haben sich eher jüngere Menschen und mehr Männer als Frauen aus Tübingen und Umland. Nun berechnet das Team die Potenziale bei Energieeinsparung und Schadstoffreduktion. Das Projekt läuft von Januar bis Dezember 2020 und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

// Olaf Kühne and his team in Urban and Regional Development surveyed local respondents online about a mobility app and received 325 complete responses. Mainly young people and more men than women – mostly from Tübingen, but also from the surrounding area – participated. The researchers are currently investigating the potential of their findings for saving energy and reducing pollutants. The project, running from January to December 2020, is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

Kernergebnisse der Befragung Key findings of the survey

> Rund 40 Prozent der Autofahrer sind bereit, auf das Auto zu verzichten und den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zu nutzen, wenn es eine Mobilitäts-App gibt. // Around 40 percent of drivers are willing to switch from their cars to public transport if there is a mobility app.

> Mit 42 Prozent ist das Fahrrad das am häufigsten genutzte Verkehrsmittel. // At 42 percent, bicycles are the most commonly used means of transport.

> Der ÖPNV in Tübingen wird von Nutzern wegen Sauberkeit und Pünktlichkeit geschätzt. // Public transport in Tübingen is appreciated by users for cleanliness and punctuality.

> Für ein Jahresticket, das die gesamte Mobilitätskette (einschließlich Leihfahrrad für die sogenannte letzte Meile) abdeckt, waren die Teilnehmer bereit, zwischen 301 und 400 Euro zu zahlen. // For an annual ticket covering the entire mobility chain (including a rental bike for the last mile), participants were willing to pay between 301 and 400 euros.

Tatsächlich gibt es andernorts bereits entsprechende Apps und Plattformen – beispielsweise in Leipzig, Augsburg, Berlin oder Ingolstadt sowie international in Helsinki, Wien oder Vilnius. Eisele betont, dass es darum gehe, so viele Alternativen wie möglich zu sichten, um am Ende die für Tübingen passgenaue Lösung zu finden.

„Dann fahre ich wieder mit dem Auto in die Stadt ...“

In den vergangenen Jahren hat die Bereitschaft zur multimodalen Fortbewegung zugenommen – im Zuge der Nachhaltigkeitsdiskussion, aber auch mit der Entwicklung neuer technischer Möglichkeiten. Trotzdem müsse Mehrwert deutlich werden, findet Wissenschaftler Kühne. Beispielsweise müsse die App leicht zu bedienen sein. „Wenn ich Angebote nicht niederschwellig nutzen kann, falle ich auf meine alten Muster zurück. Dann fahre ich wieder mit dem Auto in die Stadt und rege mich auf, dass es keine Parkplätze gibt.“

Die Menschen mit einer niederschweligen App zu locken, ÖPNV und andere Verkehrsmittel zu benutzen, ist aus seiner Sicht sinnvoller als Innenstädte für Autos zu sperren. „Ich bin auch Wissenschaftler geworden, weil ich glaube, dass man Menschen mit guten Argumenten erreicht. Und dass sie dann den Weg zu einer nachhaltigen Verkehrs- und Stadtplanung mit innerlicher Überzeugung gehen.“ _____ //

> english

//_____ Taking the car to the station, the train to the city and bus or rental bike to the final destination – this is what a sustainable transportation system could look like in future. “Today we need diverse means of transport across different routes for optimized mobility”, says Olaf Kühne, Professor of Geography at the University of Tübingen.

However, this approach of multi-modal transportation poses a great risk to the reliability and coordination of transportation systems – after all, an unforeseen delay could jeopardize an entire journey. Kühne and his team in the Urban and Regional Development group conducted an online survey of citizens’ attitudes and needs in partnership with Stadtwerke Tübingen GmbH. Their findings will influence the development of a new app.

“People who need to travel in Tübingen should be able to meet their mobility needs with a single app, so that they no longer need to travel by car”, says Johanna Eisele, mobility manager at Stadtwerke Tübingen. The company wants to offer an app based on reliable scientific findings which is why they chose to partner with the University of Tübingen. A key finding of the survey is that there is great potential for sustainable mobility in Tübingen. Many drivers would be willing to do without their own vehicle if there were a suitable app.

Low pollutant emissions are a key indicator for sustainable transportation systems. This includes carbon dioxide, nitrogen oxides and particulates. But there are also social aspects to consider: Are people comfortable? Does it promote consideration and understanding among users? Finally, the concept must be worthwhile for both providers and users.

For a long time, people in industrialized countries have relied on monomodal transportation. “The car has often been the most popular form of transportation in industrialized countries”, says Kühne. He found this to be particularly true of the USA, where he worked. In Germany, the public transportation networks are comparatively well-developed which has meant that the country has at least retained the infrastructure for alternative mobility strategies.”

It's not all
about the cities

Multimodal concepts often face design challenges when considering hubs or nodes where users transfer to other services. What services can be combined there? What services are needed at such mobility points? Where can users store their shopping temporarily? Transport concepts are linked to sustainable urban development in many areas. But it's not just about cities. “We also need to think about how we can organize mobility outside urban centers”, says Kühne.

We also need to think of people whose needs were not or only partially covered in the online survey, for example the elderly or people with a migration background.



01 Professor Olaf Kühne
Photo: Friedhelm Albrecht



02 Johanna Eisele
Photo: Stadtwerke Tübingen

A single app has many benefits: “People don't have to carry around timetables with them”, says Kühne. If the app is designed locally, it can address specific local needs. However, the app is not designed to replace timetable displays: “Not everyone uses a smart phone to find information.”

“The Stadtwerke Tübingen also want to expand their sharing service in Tübingen”, says Eisele. “We want to meet as many different needs of our users as possible.” This is one way to improve the quality of life in the city.

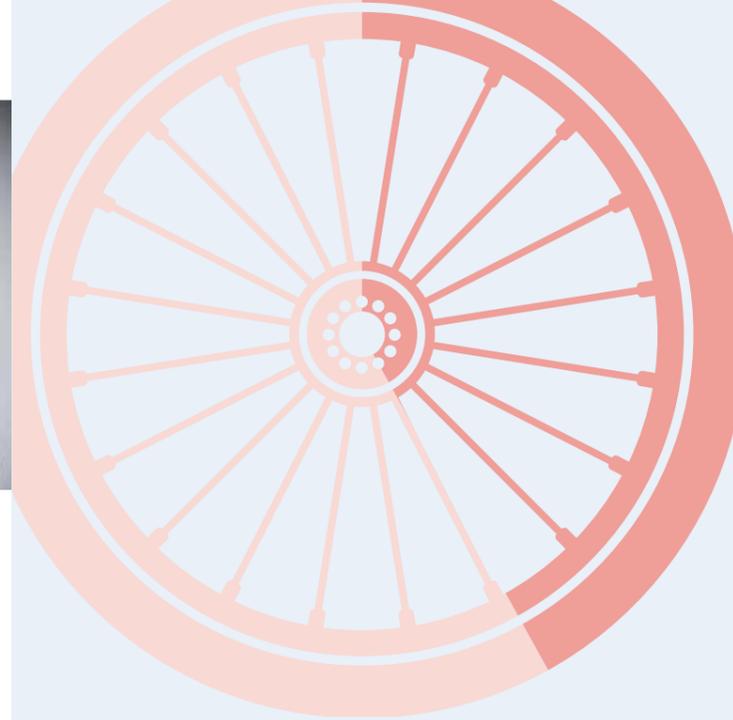
From a demographic point of view, Tübingen is an ideal test location for an app. “The young, tech-savvy population is probably more tolerant and knowledgeable if things don't work perfectly from day one”, says the geographer. If our app works well here, we could at least partially transfer the results to other cities.”

In fact, there are already similar apps elsewhere in Germany for example in Leipzig, Augsburg, Berlin or Ingolstadt as well as in international cities such as Helsinki, Vienna or Vilnius. Eisele emphasizes that it is important to look at as many alternatives as possible in order to find the perfect solution for Tübingen.

“Then I'll go back
to driving by car ...”

Overall, the willingness to adopt multimodal transportation has increased – in the course of the sustainability discussion, but also with the development of new technology. Nevertheless, scientists believe that added value must be made clear. For example, apps must be easy to use, otherwise people will flock back to their cars.

Attracting people with a low-threshold app to use public transport and other means of transport makes more sense in Kühne's view than banning cars from urban centers. “I became a scientist because I believe that people can be convinced with good arguments. And that they will then find the way to sustainable transport and urban planning with inner conviction.“ _____//



42%

**der Befragten nutzen
das Fahrrad als bevorzugtes
Verkehrsmittel.**

**of the survey participants
use the bicycle as preferred
means of transport.**



Impressum // Imprint

attempto! ist das Magazin der Eberhard Karls Universität Tübingen

Herausgeber **Professor Dr. Bernd Engler**
Redaktion **Antje Karbe, Dr. Karl Guido Rijkhoek
(verantwortlich)**
Übersetzung **Daniel McCosh**
Titelfoto U1 **iStock.com/NicoElNino**
Konzeption **In Medias Rees Werbeagentur**
Gestaltung / **NORDSONNE IDENTITY, Berlin**
Illustration **www.nordsonne.de**
Lektorat **Korrekturbüro Burger,
www.korrekturburger.de**
Druck **Stengel + Partner**
Auflage **7.500 Exemplare, gedruckt
auf FSC®-zertifiziertem Papier**
Anzeigen **vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg**
ISSN **1436-6096**
Adresse **Eberhard Karls Universität Tübingen,
Hochschulkommunikation,
Wilhelmstr. 5, 72074 Tübingen**

Namentlich gekennzeichnete Artikel stimmen nicht unbedingt mit der Auffassung der Redaktion überein. Nachdruck des Heftes oder einzelner Artikel nur mit Zustimmung der Redaktion.

