

ATTEMPTO!

Ausgabe Issue → 60 | 2024
Forschungsmagazin der
Universität Tübingen
University of Tübingen magazine



**Wahljahr 2024:
Wie steht es um
die amerikanische
Demokratie?**

**2024 Elections:
Which Road
Will American
Democracy Take?**

**Was Flora und
Fauna in Flüssen
verdauen müssen**

**What River-Dwelling
Plants and Animals
Have to Swallow**

**Wie weibliche
Hormone im
Gehirn wirken**

**How Female
Hormones Act
on the Brain**



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.

Die Rems-Murr-Kliniken unterstützen Sie in Ihrem Praktischen Jahr mit zahlreichen Zusatzangeboten, 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, Pneumologie, 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 nicht auszählbaren 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, Schnitt- und Nahtkurs)
- 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

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

Wir sind medizinischer Spitzenversorger für die Region

21 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

Rems-Murr-Klinikum Winnenden ist akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen



Liebe Leserin, lieber Leser,

Wissenschaft zeigt immer wieder auf faszinierende Weise, wie komplex die Welt zusammenspielt. Selbst Forschung, die sich mit den kleinsten aller Bausteine befasst – seien es Atome, Bakterien oder Hormone – führt zurück zu den großen Zusammenhängen.

Kleine Ursachen mit großer Auswirkung untersucht die Biologin Rita Triebkorn: Für das Auge unsichtbare Medikamentenrückstände und Süßstoffe gelangen trotz Kläranlagen in Flüsse und machen Fische krank. Winzig sind auch die Mikroorganismen, mit denen sich Geowissenschaftler Andreas Kappler beschäftigt. Sie schaffen im „Río Tinto“ spezielle Umweltbedingungen und färben das Wasser des spanischen Flusses rot.

Ein neurowissenschaftliches Projekt in Tübingen erforscht den Einfluss von Geschlechtshormonen im Gehirn. Diese führen beispielsweise dazu, dass Frauen anders auf Stress reagieren und auch Medikamente anders verarbeiten als Männer – ein folgenreiches Thema für die Medizin. Und nicht zuletzt hat die Tübinger Astrophysik ein kleines technisches Bauteil entwickelt, das im Zwergsatellit der Mission HERMES große Reichweite erzielt: In den Weiten des Alls erfasst der Satellit Gammastrahlenblitze und ortet die Quellen solcher kosmischer Explosionen.

Mit diesen und weiteren Themen wünschen wir Ihnen viel Vergnügen, ...

Dear reader,

Science shows complex interactions in our world in fascinating ways. Even research that deals with the smallest of all building blocks, such as atoms, bacteria, or hormones, leads back to the big connections.

In this issue, biologist Rita Triebkorn investigates small causes with big effects: Invisible to the eye, drug residues and sweeteners make their way into rivers despite sewage treatment, making fish sick. Microorganisms that geoscientist Andreas Kappler studies are just as miniscule and create special environmental conditions that color the Spanish river “Río Tinto” red.

A neuroscience project in Tübingen is exploring the influence of sex hormones in the brain. These lead, for example, to women reacting differently to stress and also processing medications differently to men which has significant implications in medicine. And last but not least, Astrophysicists in Tübingen have developed a small technical component that achieves great range in the dwarf satellite of the HERMES mission: In the vastness of space, the satellite captures gamma-ray bursts and locates the sources of these cosmic explosions.

We hope you enjoy reading about these and other topics, ...

Professor Dr. Peter Grathwohl

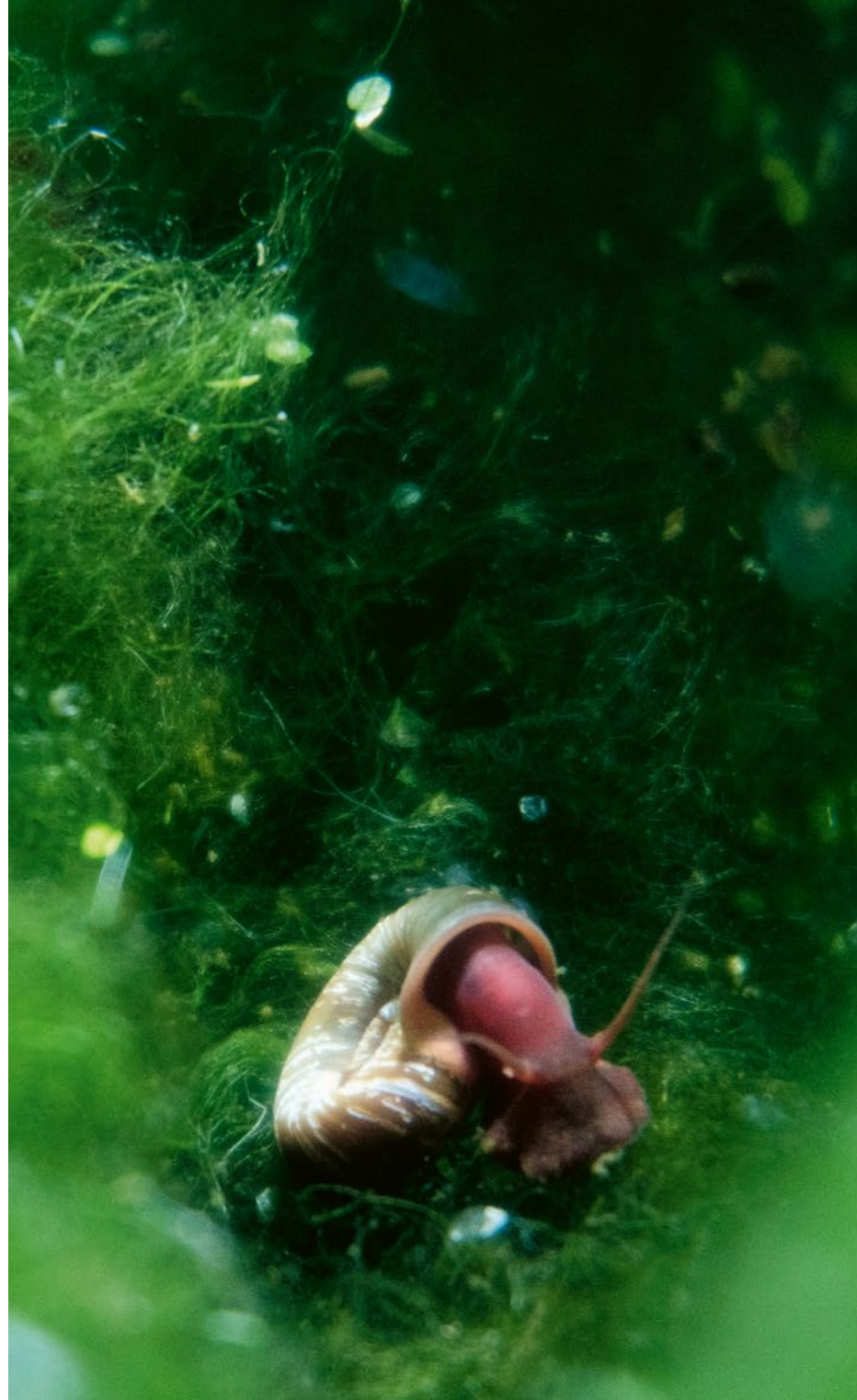
Prorektor für Forschung und Innovation
Vice-President for Research and Innovation

INHALT
CONTENTS

- 01** Editorial
- 02** Inhalt
Contents
- FORSCHUNG | RESEARCH**
- 04** Kurzmeldungen
Research News in Brief
- 06** **Überdosis unter Wasser**
Overdose Under Water
- 18** **Der rätselhafte Rote Fluss**
Mysterious Red River
- 24** **Stress im weiblichen Gehirn**
Stress in the Female Brain
- 30** **Kosmische Dramen**
Cosmic Drama
- 38** **Natur am Limit**
Earth at its Limit

INTERVIEW

- 44** **Trump first? Was Lincoln dazu sagen würde**
Trump First? What Would Lincoln Say to that
- 48** Ausblick | Impressum
Outlook | Imprint



06 **Überdosis unter Wasser**
Overdose Under Water

Fische und Kleinstlebewesen müssen einiges schlucken: Chemikalien, Medikamente und Süßstoffe gelangen unfiltriert in unsere Flüsse. Die Biologin Rita Triebkorn erforscht die Folgen.

Fish and microorganisms have to swallow a lot: Chemicals, pharmaceuticals, and sweeteners enter our rivers unfiltered. Biologist Rita Triebkorn researches the consequences.

PHOTO: Rita Triebkorn



30 **Kosmische Dramen**
Cosmic Drama

Die Nanosatelliten der Hermes-Mission orten im All kosmische Explosionen. Der Detektor dafür wurde von der Tübinger Astrophysik mitentwickelt.

In the Hermes mission nanosatellites pinpoint cosmic explosions in space. The detector was co-developed by Tübingen astrophysicists.

PHOTO: ESA

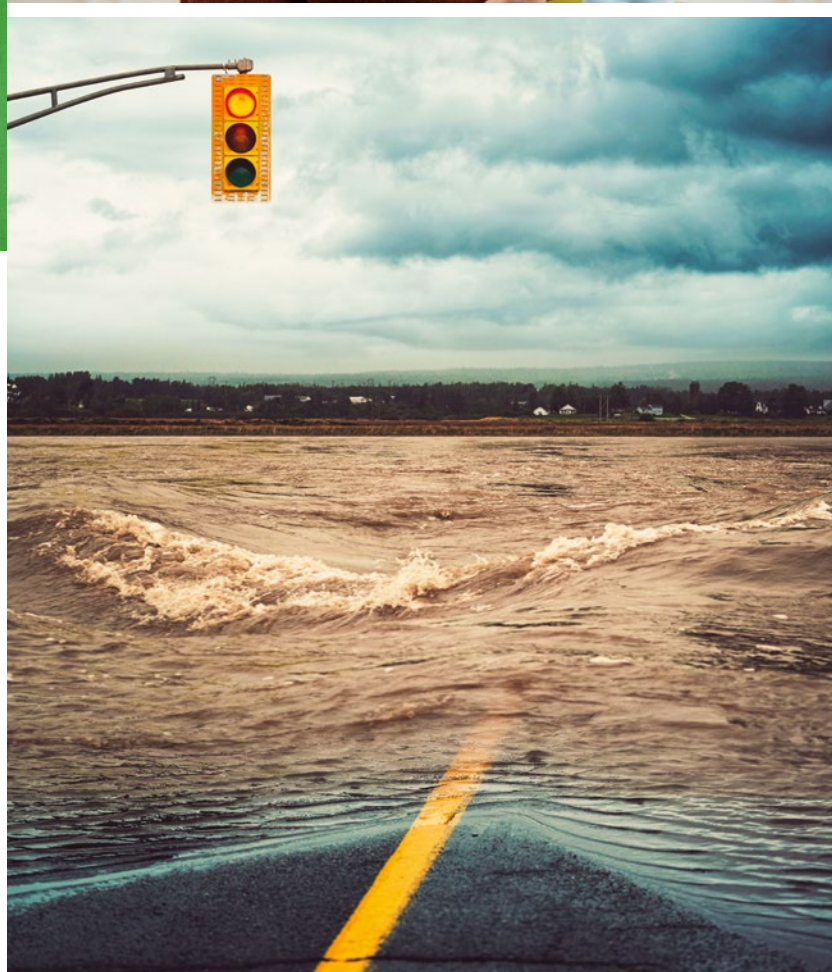


24 **Stress im weiblichen Gehirn**
Stress in the Female Brain

Geschlechtshormone bewirken im Gehirn, dass Frauen anders auf Stress und Krankheiten reagieren als Männer. Eine Forschungsgruppe untersucht die Grundlagen und die Folgen für Diagnose und Therapien.

Sex hormones cause the brain to react differently to stress and diseases in women than in men. A research group is investigating the implications for diagnosis and therapies.

PHOTO: Berthold Steinhilber



38 **Natur am Limit**
Earth at its Limit

Das Konzept der „Planetaren Grenzen“ definiert, wann Umweltveränderungen die Ökosysteme der Erde kippen lassen. Das Projekt „Planetary Ethics“ diskutiert die ethischen Fragen, die daraus folgen.

The concept of Planetary Boundaries defines when environmental changes will tip the Earth's ecosystems. The "Planetary Ethics" project discusses the ethical questions that arise from this.

PHOTO: shaunl, istockphoto

KURZMELDUNGEN

RESEARCH NEWS IN BRIEF



Grüne Energie ist die Zukunft:
Solaranlage in Afrika
Green energy is the future:
Solar plant in Africa
PHOTO: Petmal, istockphoto



Am Diepkloof-Fels in Südafrika stellten
Steinzeit-Menschen Werkzeuge her.
Early humans made tools at
the Diepkloof Rock in South Africa.
PHOTO: Patrick Schmidt



Das Behaarte Schaumkraut
verschießt seine Samen.
The hairy bittercress shoots
its seeds.
PHOTO: IHervas, istockphoto



Stammzell-Spender: Regelmäßiger
Kontakt erhöht die Spendenbereitschaft.
Stem cell donors: Regular contact
increases the willingness to donate.
PHOTO: DKMS

Afrikas Chance auf grünen Strom

Africa's Opportunity for Green Power

1 Der afrikanische Kontinent könnte das fossile Zeitalter überspringen und bis 2040 rund 80 Prozent der benötigten Energie aus Solar-, Wind- und Wasserkraft gewinnen. Zu diesem Schluss kommt eine Studie unter Leitung der Tübinger Umweltwissenschaftlerinnen Rebecca Peters und Christiane Zarfl. Basierend auf ihrer im Vorjahr erschienenen Datenbank zu erneuerbaren Kraftwerken in Afrika analysierte das Team aus deutschen und ruandischen Forschenden die Daten in einer einschlägigen Studie. Genug Sonne, Wind und Wasser seien vorhanden, so das Team. Gefallene Produktionskosten für Solar- und Windenergie und die Möglichkeit, diese in lokalen Netzwerken zu betreiben, begünstigten den Ausbau. Dennoch müssten zunächst einige Weichen gestellt werden: Investitionen müssten gefördert und eine volle Ausschöpfung der vorhandenen Kraftwerke gesichert werden. Dann könne sogar der massiv steigende Energiebedarf Afrikas gedeckt werden – derzeit haben zwei Drittel der Bevölkerung noch gar keinen Zugang zu Elektrizität.

The African continent could leapfrog the fossil fuel era and by 2040 obtain about 80 percent of its needed energy from solar, wind, and hydropower. This is the conclusion of a study led by Tübingen environmental scientists Rebecca Peters and Christiane Zarfl. Based on their database on renewable power plants in Africa, which was published last year, the team of German and Rwandan researchers analyzed the data in a subsequent study in which they found that there is enough sun, wind, and water. Falling production costs for solar and wind energy and the ability to use these resources in local networks favor expansion. However, action needs to be taken first including encouraging investment and utilizing existing power plants to full capacity. Once this is in place, even the massively increasing energy demand of Africa could be met – currently, two-thirds of the population still have no access to electricity.

Der frühe Mensch als Ingenieur

The Early Human as Engineer

2 Frühe Jäger und Sammler aus der Steinzeit wählten bereits vor mehr als 60.000 Jahren Steinmaterial für Werkzeuge und Pfeilspitzen aus, das die besten Eigenschaften dafür aufwies. Dies zeigt eine Studie des Archäologen Patrick Schmidt, die er mit einem internationalen Team am Diepkloof-Felsüberhang in Südafrika durchführte, einer der wichtigsten Fundstellen der Mittleren Steinzeit. Schon seit Beginn der Steinzeit vor rund 2,6 Millionen Jahren bis etwa 2000 v. Chr. stellte der Mensch durch Steinschlagen Geräte wie Messer, Schaber und Kratzer her. Das Team analysierte das Gestein von Werkzeugen und Pfeilspitzen, die am Diepkloof-Fels gefunden wurden, auf seine mechanischen Eigenschaften. Zudem entwickelte es ein physikalisches Modell, mit dem die relativ benötigte Kraft berechnet werden kann, um aus einem bestimmten Gestein Abschlüge herzustellen oder es zu Bruch zu bringen. Die Vergleiche zeigen, dass die frühen Menschen bereits verschiedene Materialeigenschaften kannten und Gesteine dem Zweck entsprechend auswählten: Als Ingenieure setzten sie ihre Kenntnisse über verfügbare Ressourcen gezielt ein.

Early hunters and gatherers from the Stone Age already selected stone material for tools and arrowheads more than 60,000 years ago that had the best properties for this purpose. This is shown in a study by archaeologist Patrick Schmidt, which he conducted with an international team at the Diepkloof Rock Shelter in South Africa, one of the most important sites of the Middle Stone Age. Since the beginning of the Stone Age about 2.6 million years ago until about 2000 BC, humans made devices such as knives and scrapers by striking stones. The team analyzed different rocks that were used to make tools and arrowheads at Diepkloof for their mechanical properties. In addition, they developed a physical model that can calculate the relative force needed to chip off pieces from a certain rock or to break it. The comparisons show that early humans already understood different material properties and selected rocks according to their purpose: As engineers, they applied their knowledge of available resources in a targeted way.

Wenn das Schaumkraut explodiert

When Bittercress Explodes

3 Für ihre Fortpflanzung schleudern manche Pflanzen ihre Samen wie Geschosse in alle Richtungen. Beim Behaarten Schaumkraut (*Cardamine hirsuta*) rollen sich dafür die Schoten blitzschnell ein und beschleunigen die Samen auf Geschwindigkeiten von zehn Metern pro Sekunde. Ein Team um die Biologinnen Gabriella Mosca und Angela Hay hat den Mechanismus analysiert, der dahintersteht. Die Schoten nutzen den Wachstumsprozess ihrer eigenen Zellen, um das Gewebe zusammenzuziehen und ausreichend Druck für die Explosion aufzubauen. Während des Wachstums verändert sich nämlich nicht nur die Größe der Zellen in der Schote, sondern auch ihre Form, abhängig von der Anordnung der winzigen Fasern in der Zellwand. „Diese Fasern sind wie Stahlkabel, die sich kaum strecken lassen. So bleibt der Zelle nichts anderes übrig, als rechtwinklig zu den Zellulosefasern zu wachsen“, erklärt Mosca. „In den explosiven Schoten sind die Fasern so angeordnet, dass sie beim Wachsen eine spezifische Form annehmen, die durch den Zellinnendruck das Gewebe zusammenzieht, ähnlich wie bei einem Muskel.“

To reproduce, some plants hurl their seeds like projectiles in all directions. In the case of Hairy Bittercress (*Cardamine hirsuta*), the pods curl up at lightning speed and accelerate the seeds to speeds of ten meters per second. A team led by biologists Gabriella Mosca and Angela Hay has analyzed the mechanism behind this. The pods use the growth process of their own cells to contract the tissue and build up sufficient tension for the “explosion”. During growth, not only the size of the cells in the pod changes, but also their shape, depending on the arrangement of the tiny fibers in the cell wall. “These fibers are like steel cables that can hardly be stretched. So the growing cell has no choice but to grow at right angles to the cellulose fibers,” explains Mosca. “In explosive seed pods, the cellulose fibers are arranged in such a way that the cells grow into a specific shape that causes tissue-wide contraction, like a muscle contracting in a human or animal.”

Was Stammzell-Spender motiviert

What Motivates Stem Cell Donors

4 Stammzell-Spenden aus Knochenmark oder Blut erhöhen die Überlebenschance von Menschen, die an Blutkrebs erkrankt sind. Zwischen der Registrierung von Spendewilligen und der Spende können jedoch Jahre vergehen, viele schrecken dann im Ernstfall zurück. Wirtschaftswissenschaftler Patrick Kampkötter und ein internationales Team haben nachgewiesen, dass eine erneute Kontaktaufnahme zwischen Registrierung und Spende die Bereitschaft zur Spende signifikant erhöht. Zusammen mit der weltweit größten Spenderdatenbank DKMS werteten sie Daten von 91.670 Freiwilligen aus, deren biologische Merkmale mit denen eines Patienten/einer Patientin übereinstimmten. Einen Teil dieser Personen bat die DKMS um weitere Daten, z. B. zu Vorerkrankungen. Andere sollten eine Blutprobe zur Nachtypisierung abgeben, um die genetischen Informationen zu vervollständigen. Bei Letzteren sank die Zahl der Registrierten, die später vor der Spende zurückschreckten, um 37 Prozent. Vermutlich erinnerte die Kontaktaufnahme nochmals an die Möglichkeit, anderen zu helfen, so die Studie. Die Ergebnisse können Spenderregistern helfen, ihre Vermittlungsquote zu verbessern.

Stem cell donations from bone marrow or blood increase the survival chances of blood cancer patients. However, years can pass between the registration of volunteers and the actual donation, and many shy away when it's time to donate. Economist Patrick Kampkötter and an international team have proven that re-contacting donors between registration and donation significantly increases the willingness to donate. Together with the world's largest donor registry DKMS, they evaluated data from 91,670 volunteers whose biological characteristics matched those of a patient. DKMS asked some of these individuals for additional data, e.g. about previous illnesses. Others were asked to provide a blood sample for further typing to complete the genetic information. Among the latter group, the number of registered individuals who later withdrew from donating decreased by 37 percent. Presumably, the contact reminded them of the possibility to help, according to the study. The results can support donor registries improve their match rates.

ÜBERDOSIS UNTER WASSER

OVERDOSE UNDER WATER

TEXT Judith Rauch

Fisch, Wasserfloh oder Schnecke: Medikamente und Chemikalien im Wasser gefährden ihre Gesundheit. Biologin Rita Triebkorn setzt sich für einen besseren Schutz ein – und verschafft sich weltweit Gehör.

Fish, crayfish and snails: Pharmaceuticals and chemicals in water endanger their health. Biologist Rita Triebkorn is advocating for better protection – and is making herself heard worldwide.

Kleinstlebewesen wie die Posthornschncke sind allen Substanzen ausgesetzt, die über den Menschen in die Flüsse gelangen.

Microorganisms like the ramshorn snail are exposed to all substances that enter rivers through humans.

PHOTO: Rita Triebkorn

DE

Anfangs will Rita Triebskorn Lehrerin werden. Sie legt in Heidelberg ihr Staatsexamen für Biologie und Germanistik ab. Dann reist sie auf die Philippinen, um im Rahmen eines Austauschprogramms an der Universität von San Carlos in Cebu City bei einem meeresbiologischen Praktikum mitzuhelfen. Nebenher arbeitet sie in der Forschung: Es geht um Schnecken und ihre Parasiten sowie um Muscheln und ihre Reaktion auf Schwermetalle. Dabei packt Triebskorn der wissenschaftliche Ehrgeiz: Doktorarbeit statt Staatsdienst ist nun ihre Idee.

Etwas Angewandtes soll es sein, keine reine Grundlagenforschung. Ende 1986 war nach einem Großbrand beim Pharmakonzern Sandoz in der Schweiz giftiges Löschwasser in den Rhein geflossen und hatte ein Fischsterben verursacht. Die Katastrophe löste einen Boom in der Umweltforschung aus, ein Bereich, der die Zoologin interessiert. Für eine Doktorarbeit über den Wirkmechanismus von Schneckenbekämpfungsmitteln gelingt es ihr, Gelder aus der Industrie und vom Land Baden-Württemberg zu bekommen – der Beginn einer Karriere in der Ökotoxikologie. Rita Triebskorn, seit 2006 Professorin an der Universität Tübingen, hat ihre Mission gefunden.

Süßstoff im Grundwasser

Wie Gifte auf kleine und auf große Tiere wirken, damit kennt sich die Zoologin aus. Außer Schnecken gehören mittlerweile auch Flohkrebse, Forellen, Wasserflöhe und Zuckmückenlarven zu den Organismen, die sie im Freiland und im Labor untersucht. „Forschung für Fische und Flohkrebse“ hat sie selbst ihr Spezialgebiet überschrieben – denn darum geht es: dass es den natürlichen Bewohnern der heimischen Gewässer gut geht. Dass sie nicht krank werden von den Chemikalien, die der Mensch sorglos die Toilette hinunterspült oder ins Waschbecken kippt, seien es Medikamentenrückstände, Pflanzenschutzmittel oder auch scheinbar Harmloses wie der Süßstoff Sucralose, enthalten in Limonade, Bonbons oder Hustensaft. „Der Mensch nimmt ein Medikament nur gelegentlich ein, der Fisch schwimmt aber sein ganzes Leben darin“, sagt Triebskorn.

Sucralose gehört neben Acesulfam, Cyclamat und Saccharin zu den am häufigsten verwendeten Zuckeraustauschstoffen. Vor allem Diätlebensmittel werden damit künstlich gesüßt. Dreifach chloriert schmeckt Sucralose den menschlichen Darmbakterien nicht, erklärt die Forscherin, sie bauen den Stoff nicht ab, er gelangt unverändert ins Abwasser. Auch dort bauen ihn die Bakterien nicht ab. Da er als letzter der vier Süßstoffe zugelassen wurde, in Europa erst 2004, dauerte es eine Weile, bis er in der Umwelt nachgewiesen wurde. Inzwischen findet er sich zunehmend im Bodensee – und im Grundwasser Deutschlands und der Schweiz.

”
**Der Mensch nimmt ein
 Medikament nur gelegentlich ein,
 der Fisch schwimmt aber
 sein ganzes Leben darin.**

*Humans only take medication
 occasionally, but fish
 swim in it all their lives.*

“

EN

Initially, Rita Triebskorn wanted to become a teacher. She passed her state examination in biology and German literature in Heidelberg. Afterwards she traveled to the Philippines on a marine biology internship at the University of San Carlos. She assisted in research on snails and their parasites, and how mussels react to heavy metals, inspiring her to write a doctoral thesis instead of becoming a teacher.

At the end of 1986, after a major fire at the pharmaceutical company Sandoz in Switzerland, toxic extinguishing water flowed into the Rhine and triggered a fish kill. The disaster also triggered a boom in environmental research. For her doctoral thesis on the mechanism of action of snail control agents, Triebskorn received funding from industry and the state of Baden-Württemberg – the beginning of a career in ecotoxicology. As Professor at the University of Tübingen since 2006, Triebskorn is currently exploring effects of environmental chemicals in surface waters on wildlife.



Professorin Dr. Rita Triebskorn
 Professor Dr. Rita Triebskorn
 PHOTO: Friedhelm Albrecht





Auch den winzigen Wasserfloh machen Medikamentenrückstände und Chemikalien auf Dauer krank. Even the tiny water flea becomes ill from medication residues and chemicals over time.

PHOTO: Rita Triebkorn

20 µm

Dabei ist er für Tiere nicht ungefährlich: Nachweislich löst er bei Ratten und Mäusen Diabetes aus, genau das, woran oft Menschen leiden, die den Stoff einnehmen. Bei Mäusen kommt es auch zu Leberentzündungen, und die Zusammensetzung ihrer Darmflora ist gestört. Damit gehört der schwer abbaubare Süßstoff zum von Menschen verursachten Giftcocktail in den Gewässern. Und der muss – so fordert es die Ökotoxikologin – „reduziert werden zugunsten der darin lebenden Organismen“. Sie würde zum Thema Sucralose gern ein Forschungsprojekt starten und wartet nur noch auf eine passende Ausschreibung.

Vierte Reinigungsstufe für Europas Kläranlagen

Zusammen mit ihrem Team aus rund dreißig Nachwuchsforschenden sowie Technikerinnen und Technikern setzt Triebkorn vor allem auf verbesserte Kläranlagen. Eine vierte Reinigungsstufe wird gerade europaweit eingeführt, das ist auch mit ihr Verdienst. In den zusätzlichen Klärbecken kommt Ozon zusammen mit granulierter Aktivkohle oder einem Sandfilter zum Einsatz, oder es wird Pulveraktivkohle mit einem Sandfilter kombiniert.

In addition to snails, crayfish, trout and diplostraca, chironomid larvae are now among the organisms she studies in the field and in the laboratory. She describes her specialty as “Research on fish and crayfish” and is particularly concerned with the welfare of the natural inhabitants of local waters. It is imperative that they are not poisoned by the chemicals that humans carelessly flush down the toilet or tip into the sink, be it drug residues, pesticides, or even seemingly harmless substances such as the sweetener sucralose, contained in lemonade, sweets or cough syrup. “Humans only take medication occasionally, but fish swim in it all their lives,” says Triebkorn.

Sucralose is one of the most common sugar substitutes, along with acesulfame, cyclamate and saccharin. In particular, diet foods are sweetened artificially. Trichlorinated sucralose isn't a tasty meal for intestinal bacteria, they do not break down the substance and it ends up in the wastewater. Bacteria in the water do not break it down either. Although it took a while for sucralose to be detected in the environment after it was approved in Europe in 2004, it is now increasingly found in Lake Constance – and in the groundwater of Germany and Switzerland.

Sucralose is not safe for animals: It has been proven to trigger diabetes in rats and mice, as it does in humans. It also causes inflammation of the liver in mice and disturbs the composition of their intestinal flora. This makes the sweetener, which is difficult to break down, part of the man-made and poisonous cocktail in our water cycle. And this must – as the ecotoxicologist demands – “be reduced in favor of the organisms living in it”. Triebkorn would like to start a research project on sucralose and is only waiting for a suitable call for proposals.

Fourth purification stage for Europe's sewage treatment plants

Together with a team of thirty early career researchers and technicians, Triebkorn is focused on improving sewage treatment plants. A fourth cleaning stage is currently being introduced throughout Europe also thanks to her work. In additional settling tanks, ozone is used with granulated activated carbon or a sand filter, or powdered activated carbon is combined with a sand filter.

In the joint project funded by the Federal Ministry of Research, SchussenAktivplus, Triebkorn investigated the biological effects of sewage treatment plants on the Schussen river, which flows into Lake Constance. At the time, engineers, authorities and fishing associations, a total of about 150 people, were involved in her project. It led to an important finding: The additional cleaning stage reduces trace substances and their effects by 80 to 90 percent. The bacterial load of the water also decreases.

Measurements and experiments were conducted in the field, in the laboratory and in a sophisticated bypass system co-developed by Triebkorn that directs river water through aquaria housed on the shore in construction trailers. Trouts also live in these aquaria. Their eggs and newly hatched embryos are counted and examined for developmental disorders. Crayfish are also monitored actively using tea infusers which are held by floating rafts at a certain point in the river, so that the crayfish and their offspring can be collected again after the experiment.

”

Eine vierte Reinigungsstufe in Kläranlagen reduziert Spurenstoffe und deren Wirkungen um 80 bis 90 Prozent. Auch die Bakterienbelastung des Wassers sinkt.

A fourth cleaning stage in sewage treatment plants reduces trace substances and their effects by 80 to 90 percent. The bacterial load of the water also decreases.

“



Testaufbau mit Zuckmücken: Im Labor untersucht das Team, wie sich einzelne Substanzen auf die Larven auswirken.

Experimental setup with chironomidae: In the lab, the team examines how individual substances affect the larvae.

PHOTO: Rita Triebkorn

Komplexe Zusammenhänge abbilden

In dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Verbundprojekt, SchussenAktivplus, erforschte sie am Beispiel des Flusses Schussen, der in den Bodensee mündet, die biologischen Auswirkungen solcher Kläranlagen. Unter ihrer Leitung arbeiteten damals auch Ingenieure, Behörden und Fischereiverbände, insgesamt etwa 150 Personen. Hauptergebnis: Die zusätzliche Reinigungsstufe reduziert Spurenstoffe und deren Wirkungen um 80 bis 90 Prozent. Auch die Bakterienbelastung des Wassers sinkt.

Eingesetzt wurden Messverfahren und Experimente im Freiland, im Labor und in einem von Triebkorn mitentwickelten raffinierten Bypass-System, bei dem Flusswasser durch Aquarien geleitet wird, die am Ufer in Bauwagen untergebracht sind. Darin befinden sich beispielsweise Forellen. Ihre Eier und die frisch geschlüpften Embryonen werden gezählt und auf Entwicklungsstörungen hin untersucht. Beim „aktiven Monitoring“ von Flohkrebse dagegen kommen Teeeier zum Einsatz, die von schwimmenden Flößen an einer bestimmten Stelle im Fluss festgehalten werden, sodass die Krebse und ihre Nachkommen nach dem Versuch wieder eingesammelt werden können.

In der warmen Jahreszeit sind Teams aus Rita Triebkorns Arbeitsgruppe mit einem vollgepackten Transporter unterwegs – mit Eimern, Sieben, Messgeräten, Laborbedarf, Tierkäfigen, Futter für Mensch und Tier und Schutzkleidung wie etwa Wathosen und Gummistiefel. Die Flüsse und Seen im Tübinger Umkreis kennen die Forscherinnen und Forscher ziemlich gut.

Wegweisende Projekte wie SchussenAktivplus machten Triebkorn weltweit bekannt. 2013 wurden sie und Heinz-Rüdiger Köhler vom Magazin „Science“ gebeten, einen Übersichtsartikel über Pestizide und ihre Wirkung auf die Umwelt zu schreiben. Köhler leitet die Abteilung Physiologische Ökologie der Tiere, zu der die Arbeitsgruppe von Rita Triebkorn gehört. Er ist zugleich ihr Ehemann, mit dem sie viele Forschungsarbeiten gemeinsam veröffentlicht hat.



Mapping complex relationships

In the warm season, teams from Triebkorn's working group are on the road in a packed van – with buckets, sieves, measuring instruments, lab supplies, animal cages and protective clothing such as waders and rubber boots. The researchers know the rivers and lakes around Tübingen quite well.

Pioneering projects such as SchussenAktivplus made Triebkorn known worldwide. In 2013, she and Heinz-Rüdiger Köhler were asked by the “Science” magazine to write a review article on pesticides and their effect on the environment. Köhler heads the Department of Animal Physiological Ecology, which includes Triebkorn's working group. He is also her husband, with whom she has published many research papers together.

“Science” offered the researchers a platform for fundamental statements: They argued that it was difficult to demonstrate seamless cause-and-effect chains under field conditions, as is common in the laboratory. “We are trying to establish a plausibility chain that covers everything from the molecular effects of pesticides on individuals to the effects on the entire ecosystem.” Triebkorn is convinced that this is the only way to tackle the complexity of ecological issues. The work made headlines including reports from the French “Le Temps” and the American “Washington Post”.

The glyphosate debate

The importance of such research is demonstrated by the heated debate surrounding the plant protection product glyphosate. Its approval was extended by the EU Commission for ten years in December 2023. In a statement to the Science Media Center, Triebkorn, also a member of the Federal Government's expert panel on the assessment of the relevance of trace substances, warned against this step.

“The EU Commission's explanatory memorandum refers to the fact that there are gaps in knowledge regarding toxicological and ecotoxicological endpoints and that the approval of glyphosate can be justified for this reason. However, this is unfounded from a technical point of view, ignores new scientific findings and the precautionary principle,” says Triebkorn. The risk of cancer in humans remains at the heart of the glyphosate debate. Data on effects on the environment are hardly taken into account. This includes proven tissue damage in fish or changes in the microbiome (bacteria that live in the digestive tract, for example) in fish and bees.

The researcher has dedicated herself to a science that has many political ramifications. She enjoys outreach work, giving lectures (whether at Children's University or in a sewage treatment plant), advising politicians, giving interviews or meeting with fishermen who appreciate her expertise. In this way, she has become a teacher in a roundabout way. In May 2023, the University awarded her the Tübingen Prize for Science Communication. The jury's statement: “Over the past ten years, Rita Triebkorn has worked continuously and tenaciously to create awareness of her central research topic, the ecological protection of water.”

„Science“ bot ihnen ein Forum für grundsätzliche Aussagen: Es sei schwierig, unter Freilandbedingungen nahtlose Ursache-Wirkungs-Ketten nachzuweisen, wie im Labor üblich, argumentierten sie. „Deshalb suchen wir nach der Plausibilität kausaler Zusammenhänge. Wir versuchen eine Plausibilitätskette aufzustellen, die alles abdeckt, von den molekularen Effekten der Pestizide auf Individuen bis zu den Wirkungen auf das gesamte Ökosystem.“ Nur so könne man der Komplexität ökologischer Fragestellungen beikommen, davon ist Triebskorn überzeugt. Die Arbeit machte Schlagzeilen, auch die französische „Le Temps“ und die amerikanische „Washington Post“ berichteten.

Stimme in der Glyphosat-Debatte

Wie wichtig solche Forschung ist, zeigt die lange, heftige Debatte um das Pflanzenschutzmittel Glyphosat. Seine Zulassung wurde von der EU-Kommission im Dezember 2023 um zehn Jahre verlängert. In einem Statement gegenüber dem Science Media Center warnte Triebskorn, auch Mitglied des Expertengremiums der Bundesregierung zur Bewertung der Relevanz von Spurenstoffen, vor diesem Schritt.

„In der Begründung der EU-Kommission wird darauf Bezug genommen, dass Wissenslücken bezüglich toxikologischer und ökotoxikologischer Endpunkte vorhanden seien und vor diesem Hintergrund die Zulassung von Glyphosat gerechtfertigt wäre. Diese Begründung ist in fachlicher Hinsicht nicht fundiert, ignoriert neue wissenschaftliche Erkenntnisse und berücksichtigt in keinsten Weise das Vorsorgeprinzip“, so Triebskorn. Nach wie vor stehe die Krebsgefahr beim Menschen im Zentrum der Glyphosat-Debatte. Daten zu Wirkungen auf die Umwelt würden kaum berücksichtigt. Dazu zählt sie nachgewiesene Gewebeschädigungen bei Fischen oder Veränderungen im Mikrobiom (Bakterien, die zum Beispiel im Verdauungstrakt leben) bei Fischen und Bienen.

Es ist eine hochpolitische Form der Wissenschaft, der sich Rita Triebskorn verschrieben hat. Sie geht gern an die Öffentlichkeit, hält Vorträge (sei es in der Kinder-Uni oder in einer Kläranlage), berät die Politik, gibt Interviews oder trifft sich mit Fischern, die ihre Expertise schätzen.

So ist sie doch eine Art Lehrerin geworden – eine mit großer Reichweite. Im Mai 2023 verlieh die Universität ihr den Tübinger Preis für Wissenschaftskommunikation. Die Begründung der Jury: „Rita Triebskorn hat in den vergangenen zehn Jahren kontinuierlich und hartnäckig daran gearbeitet, ein Bewusstsein für ihr zentrales Forschungsthema zu schaffen, den ökologischen Schutz von Gewässern.“



Dieser Flohkrebs wird von einem Parasiten geplagt.
This amphipod is troubled by a parasite.

PHOTO: Rita Triebskorn

Erst unter dem Mikroskop sichtbar: Diese Zuckmückenlarve hat unverdauliches Mikroplastik aufgenommen.

Visible only under the microscope: This mosquito larva has consumed indigestible microplastics.

PHOTO: Rita Triebskorn

”
Wir versuchen eine Plausibilitätskette aufzustellen, die alles abdeckt, von den molekularen Effekten der Pestizide auf Individuen bis zu den Wirkungen auf das gesamte Ökosystem.

We are trying to establish a plausibility chain that covers everything from the molecular effects of pesticides on individuals to the effects on the entire ecosystem.

“

ELEKTRO KÜRNER

Dienstleistungszentrum GmbH

- Intelligente Elektrotechnik, Komfortinstallationen
- Brand-, Einbruch-, Videoüberwachung
- Ökologische Energie- und Gebäudetechnik
- Automatisierungs- und Datentechnik
- Beratung, Planung, Montage, Service

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

Premium E-MARKEN BETRIEB

• Errichter
EMA BMA SAA

Partnernetz im besten Sicherheitsnetzwerk
TELENOT
Technik für Sicherheit
AUTORISIERTER STÜTZPUNKT

Hier ist anders

Du willst auch anders?

Dann bewirb dich bei uns!

www.karriere.klinikum-esslingen.de

Klinikum Esslingen

Das Qualitätskrankenhaus

panama 48° 47' N 09° 11' E

Mehr erleben? Ab nach Panama.

Wir bieten ab März/April und September/Oktober:

- Pflichtpraktikum Strategic Planning
- Pflichtpraktikum Strategic Design
- Pflichtpraktikum Account Management
- Pflichtpraktikum Social Media & Concept
- Pflichtpraktikum Art

Zeig dein Potenzial in einer der führenden Full-Service-Agenturen Stuttgarts.

Bewirb dich jetzt:
panama.de/karriere/offene-stellen

Gleiss & Große
INTELLECTUAL PROPERTY

Gleiss Große Schrell und Partner ist eine dynamisch wachsende Patent- und Rechtsanwaltskanzlei mit Sitz am Innovationsstandort **Stuttgart**. Als spezialisierte Boutique sind wir auf dem Gebiet des Gewerblichen Rechtsschutzes tätig und vertreten internationale Konzerne, mittelständische Unternehmen und Start-ups.

Wer **Freude** am kreativen und gleichzeitig präzisen theoretischen Umgang mit ständig wechselnden Technologien an vorderster Front der Forschung und Entwicklung hat, wird sich in unserem **kollegialen, professionellen und hochmotivierten Team** ausgesprochen wohlfühlen.

Wir freuen uns auf **Absolventen** aller **naturwissenschaftlichen und technischen** Studiengänge für die **Ausbildung zum Patentanwalt** oder als **wissenschaftliche Mitarbeiter** (jeweils m/w/d).

Kontaktieren Sie uns gerne unter.....

Gleiss Große Schrell und Partner mbB
Patentanwälte · Rechtsanwältinnen
Frau Maiwald
Leitzstraße 45
70469 Stuttgart
Tel.: +49 (0)711 99 3 11-282
E-Mail: bewerbung@gleiss-grosse.com
Internet: www.gleiss-grosse.com

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



DER RÄTSELHAFTE ROTE FLUSS

MYSTERIOUS RED RIVER

TEXT Christoph Karcher

Der spanische Río Tinto bietet einzigartige Einblicke in das Wechselspiel von Mineralien und Bakterien. Dies lockt Tübinger Forschende und sogar die NASA – ähneln die Lebensbedingungen im Fluss doch denen auf der Marsoberfläche.

The Spanish river Río Tinto offers unique insights into the interplay of minerals and bacteria. Researchers from the University of Tübingen and even NASA are attracted to conditions in the river which are similar to those on the surface of Mars.

DE

Rot und Orange schimmert das Wasser des Río Tinto. Fast unwirklich sieht der „rote Fluss“ in Spanien aus, der sich rund hundert Kilometer durch Andalusien windet, bevor er bei der Stadt Huelva in den Atlantik fließt. Das spektakuläre Farbspiel ist nicht Folge menschgemachter Verschmutzung, sondern natürlichen Ursprungs: Mikroorganismen lösen Eisen- und Schwefelverbindungen aus dem Untergrund, die das Wasser nicht nur außergewöhnlich färben, sondern auch extrem sauer machen. Hier überleben nur wenige Mikroorganismen, Algen und Pilze. Seit tausenden Jahren bauen Menschen am Flusslauf Rohstoffe wie Eisen und Kupfer ab.

Andreas Kappler hat in seinem Büro im Geo- und Umweltforschungszentrum (GUZ) der Universität Tübingen einen wandfüllenden Fotodruck aufgehängt. Dieser zeigt eine Nahaufnahme des blutroten Flussbetts. „Es ist faszinierend, wenn man durch diese extreme und heiße Landschaft am Río Tinto entlangfährt und es mit eigenen Augen sieht. Hält man den Finger in den Fluss, kribbelt es, so sauer ist das Wasser. Dass so etwas von Mikroorganismen in Gang gesetzt wurde, finde ich unglaublich.“

Die kleinsten aller Lebewesen faszinieren den Professor für Geomikrobiologie. Er erforscht, wie Mineralien und Mikroorganismen, speziell Bakterien, miteinander interagieren. Dieses Thema spielt in vielen Bereichen eine Rolle, sei es bei der Bildung klimarelevanter Gase, bei der Entfernung von Schadstoffen oder für die Gewinnung von Rohstoffen durch sogenanntes Biomining. Bei Letzterem werden gezielt Mikroorganismen eingesetzt, um Metalle aus Erzen zu gewinnen.

Der Río Tinto in Spanien hat extrem „saurer“ Wasser und ist rot gefärbt. Das liegt an Mikroorganismen, die Eisen- und Schwefelverbindungen aus dem Untergrund lösen.

The Río Tinto in Spain has extremely acidic water and is red in color – due to microorganisms that dissolve iron and sulfur compounds from the riverbed.

PHOTO: Andreas Kappler

Eldorado für die Wissenschaft

Am Río Tinto finden Experten wie Kappler ein einzigartiges Naturlabor, das Forschende weltweit anzieht. Weil die Region mit ihren Eisenmineralvorkommen und extremen Lebensbedingungen der Marsoberfläche ähnelt, testete hier sogar die NASA Ausrüstung und analytische Methoden für die Suche nach Lebensspuren auf dem Mars. Durch die hohe Säurekonzentration bleiben im Fluss Metalle wie Eisen, Kupfer, Blei, Zink und Nickel im Wasser in ihre einzelnen Bestandteile gelöst – normalerweise bilden sie Feststoffe und setzen sich als Sedimente ab.

Aus dem Río Tinto stammen schätzungsweise bis zu 15 Prozent der Metallionen, die weltweit in die Ozeane gespült werden: einzelne Metallteilchen, die eine elektrische Ladung tragen und eine wichtige Rolle für chemische und ökologische Prozesse spielen.

„Der Río Tinto ist eines der ersten Gebiete, in denen Biomining geholfen hat, Kupfer aus Erzen zu gewinnen“, sagt Kappler. „Schon die Römer bemerkten, dass im Flusswasser Kupfer aus den Erzen freigesetzt wurde. Heute wissen wir, dass dies Bakterien zu verdanken ist.“

Immer wieder starten Tübinger Expeditionen per Flugzeug und Kleinbus zum Río Tinto, um Erkenntnisse für Projekte der geowissenschaftlichen Grundlagenforschung zu gewinnen. Eine enge Zusammenarbeit mit Forschenden der Autonomen Universität Madrid hilft bei der Arbeit vor Ort. Die gesammelten Proben fahren dann sicher verpackt ins Tübinger Labor.

„Uns interessieren Prozesse im Untergrund“, sagt Kappler. In der Region findet sich jede Menge des Minerals Pyrit, auch Katzensgold genannt. Bestimmte Bakterien, wie Acidithiobacillus ferrooxidans, oxidieren das Katzensgold, lösen es also in seine Bestandteile Eisen und Schwefel auf. So entsteht eine Schwefelsäurelösung, die wiederum Eisen und weitere Metalle (Kobalt, Mangan, Nickel, Cadmium) aus dem Gestein ausspült und zusammen mit Regenwasser in den Fluss transportiert. „Wir untersuchen, welche Mikroorganismen dabei eine Rolle spielen, wie aktiv diese unter diesen extremen Bedingungen sind und welche man davon in Fluss und Sediment findet.“

Gemeinsam mit der Wissenschaftlerin Sara Kleindienst und weiteren Forschenden untersuchte Kappler 2020 etwa, welche Nahrung die Mikroorganismen im Río Tinto für ihren Stoffwechsel finden und wie sie den Transport von Schwermetallen ins Mündungsgebiet beeinflussen. Während sich manche Mineralien vollständig auflösen, transportiert der Fluss andere in Form von Nanopartikeln Richtung Meer. Dort werden die Metallionen von Mikroorganismen, Plankton, Fischen und höheren Lebewesen in Enzymen genutzt oder in Sedimenten abgelagert. „Wenn wir die Transportvorgänge verstehen, können wir auch die Auswirkungen auf Umwelt und Mensch besser einschätzen.“



Professor Dr. Andreas Kappler
PHOTO: privat

Biomining in Müllschlacken

Kappler hat auch Ideen, wie die Erkenntnisse der Römer heute genutzt werden können: Wenn diese mit Bakterien Metalle aus Gestein lösen konnten – warum könnte man so nicht wertvolle Metalle aus den Schlacken von Müllverbrennungsanlagen zurückgewinnen? Diese Frage beschäftigt die Tübinger Geowissenschaften schon einige Jahre. In einer Pilotstudie, gefördert durch die Müllverbrennungsanlage Mannheim, konnte sein Team zeigen, dass ein solches Biomining grundsätzlich funktioniert. 2015 wurde das Projekt von der Industrie- und Handelskammer Reutlingen ausgezeichnet.

Allerdings kann man vorerst nicht erwarten, dass spanische Bakterien in großem Maßstab Rohstoffe aus deutschem Hausmüll zurückgewinnen. „Die Schwierigkeit liegt in der nachfolgenden Trennung der Metalle“, sagt Kappler. „Für ein effektives Metallrecycling aus Schlacken bräuchte es weitere Investitionen zur Erforschung der Prozesse in größerem Maßstab und zur Übertragung in erste Pilotanlagen. Dennoch ist es wichtig, die Grundlagen im Labor zu erforschen.“

Blick zum Mars und in den Tübinger Untergrund

Das jüngste Projekt der Geowissenschaftlerinnen und Geowissenschaftler könnte einen Baustein zur Frage nach Leben auf dem Mars beisteuern. Auf dem Mars wurde neben Eisenmineralien auch Nitrat entdeckt. „Eine faszinierende Nachricht für alle, die sich mit der Materie beschäftigen“, sagt Kappler. Denn man weiß, dass Nitrat Nahrung für eisenoxidierende Mikroorganismen ist und damit eine potenzielle Grundlage für Leben. Auch am Río Tinto fand Kapplers Team Bakterien, die Eisenmineralien rosten lassen und sich von Nitrat ernähren. „Dort lassen sich also Prozesse untersuchen, die sich möglicherweise so ähnlich auf dem Mars abspielen.“

EN

T

he water of the Río Tinto shimmers red and orange. The “red river” in Spain, which winds through Andalusia for around hundred kilometers before flowing into the Atlantic at the town Huelva, looks almost unreal. The spectacular show of colors is not the result of man-made pollution, but of natural origin: Microorganisms release iron and sulfur compounds from the riverbed, which not only turn the water an extraordinary color, but also make it extremely acidic. Only a few microorganisms, algae and fungi survive here. For thousands of years, people have been mining raw materials such as iron and copper along the river.

Andreas Kappler has a photographic print covering the wall in his office in the Geo and Environmental Research Center (GUZ) at the University of Tübingen. It shows a close-up of the blood-red riverbed. “It’s fascinating when you drive through this extreme and hot landscape along the Río Tinto and see it with your own eyes. If you leave your finger in the river, it tingles, the water is acidic. I find it unbelievable that such a thing was set in motion by microorganisms.”

Pyrit, auch Katzensgold genannt und hier als glitzernde Partikel zu sehen, spielt bei den chemischen Prozessen im Río Tinto eine wichtige Rolle.

Pyrite, also known as fool’s gold and seen here as sparkling particles, plays an important role in the chemical processes in the Río Tinto.

PHOTO: Andreas Kappler

Eldorado for science

The smallest of all living things fascinates the professor of geomicrobiology. He explores how minerals and microorganisms, especially bacteria, interact with each other. At Río Tinto, experts like him can access a unique natural laboratory that attracts researchers from around the world. Iron mineral deposits and extreme conditions in the region are similar to the surface of Mars and NASA has even tested equipment and analytical methods for finding traces of life on Mars here.

Metals such as iron, copper, lead, zinc and nickel remain dissolved in the water in their individual components due to the high acid concentration – normally they form solids and settle as sediments. It is estimated that up to 15 percent of the metal ions that are washed into the oceans worldwide come from the Río Tinto: Individual metal particles that carry an electrical charge and play an important role in chemical and ecological processes.

“The Río Tinto is one of the first areas where biomining has helped extract copper from ores,” says Kappler. “Even the Romans noticed that copper was released from the ores into the river water. Today we know that this is thanks to bacteria.”

Many expeditions by plane and minibus have been made from Tübingen to the Río Tinto to gain insights for projects in basic geoscientific research. Researchers from the Autonomous University of Madrid also help with the work on site. The collected samples are then safely packaged and sent to the Tübingen laboratory.



Eine Doktorandin erforscht „nitratfressende“ Mikroorganismen des Río Tinto, die an der Auflösung von Pyrit beteiligt sind. Diese sind nicht nur mit Blick auf entfernte Planeten spannend, sondern auch hinsichtlich eines Umweltproblems direkt unter unseren Füßen – der Nitratverschmutzung von Grundwasser. Dieses problematische Nitrat – beispielsweise aus der Landwirtschaft – kann durch „Denitrifikation“ entfernt werden: Dabei wandeln bestimmte Bakterien das Nitrat in unschädlichen Stickstoff um, typischerweise mithilfe von Kohlenstoff.

Einer Mitarbeiterin gelang eine interessante Beobachtung: Im Tübinger Grundwassersystem sind Bakterien vorhanden, die statt Kohlenstoff das Mineral Pyrit als Energiequelle nutzen – und dabei auch das schädliche Nitrat aus dem Wasser entfernen. „Genau dies passiert im Río-Tinto-Untergrund“, sagt Kappler. „Dort erforschen wir die Zusammenhänge, um auch besser zu verstehen, was bei uns im Untergrund passiert. Unser Team ist eine der weltweit führenden Arbeitsgruppen, die genau mit diesen Organismen arbeitet.“

Der Río Tinto ist für Kappler eine ideale „Forschungsspielwiese“. „Die Region ist gut erschlossen und sicher – ein seltenes Gut in der Feldarbeit. Das Gebiet hält Schlüssel für eine Palette an wissenschaftlichen Fragestellungen bereit, von der Existenz frühen Lebens bis hin zu potenziellen Umwelttechnologien der Zukunft.“

DIE ARBEITSGRUPPE GEOMIKROBIOLOGIE THE GEOMICROBIOLOGY WORKING GROUP

Prof. Dr. Andreas Kappler leitet die Arbeitsgruppe Geomikrobiologie am Geo- und Umweltforschungszentrum (GUZ) der Universität Tübingen. Hier arbeitet ein interdisziplinäres Team aus Geochemikern, Mineralogen und Mikrobiologen in 2021 neu errichteten und modern ausgestatteten Laborbereichen.

Als eine der ersten Hochschulen in Deutschland richtete die Universität Tübingen 2008 eine Professur für das neue Forschungsfeld Geomikrobiologie ein.

Forschungsschwerpunkte sind die Untersuchung von Bakterienarten; die Analyse von Mineralen und deren Wechselwirkungen; die Bedeutung von Bakterien für die Freisetzung von Klimagasen und Schadstoffen; die Entstehung des Lebens auf der Erde.

Prof. Dr. Andreas Kappler heads the Geomicrobiology working group at the Geo and Environmental Research Center (GUZ) at the University of Tübingen. An interdisciplinary team of geochemists, mineralogists and microbiologists work here in well-equipped lab areas that were built in 2021.

In 2008, the University of Tübingen was one of the first universities in Germany to establish a professorship for the emerging research field of geomicrobiology.

Research focuses on the study of bacterial species; the analysis of minerals and their interactions; the importance of bacteria for the release of climate gases and pollutants; the emergence of life on Earth.

”
Der Río Tinto hält Schlüssel für eine Palette an wissenschaftlichen Fragestellungen bereit, von der Existenz frühen Lebens bis hin zu potenziellen Umwelttechnologien der Zukunft.

The Río Tinto holds keys to a range of scientific questions, from the existence of early life to potential environmental technologies of the future.

“

“We are interested in what’s happening under the ground,” says Kappler. There is plenty of the mineral pyrite, also known as fool’s gold, in the region. Bacteria like *Acidithiobacillus ferrooxidans*, oxidize fool’s gold, dissolving it into its components of iron and sulfur. This results in a sulfuric acid solution, which in turn flushes iron and other metals (cobalt, manganese, nickel, cadmium) out of the rock and transports them into the river together with rainwater. “We are investigating which microorganisms play a role in this, how active they are under these extreme conditions and which of them can be found in the river and sediment.”

In 2020, Kappler, Sara Kleindienst and other researchers investigated which food the microorganisms in the Río Tinto metabolize and how they influence the transport of heavy metals to the estuary. While some minerals dissolve completely, the river transports others in the form of nanoparticles towards the sea. There, the metal ions of microorganisms, plankton, fish and higher organisms are used in enzymes or are deposited in sediments. “If we understand the transport processes, we can also better assess the impact on the environment and people.”

Biomining in waste slags

Kappler also has ideas on how the insights of the Romans could be used today: If they could dissolve metals from rock with bacteria – why couldn’t valuable metals be recovered from the waste slags from incinerators? This question has occupied geosciences

Als einzigartiges Naturlabor zieht der Fluss Forschungsgruppen aus aller Welt an.

As a unique natural laboratory, the river attracts research groups from all over the world.

PHOTO: Andreas Kappler

researchers from Tübingen for several years. In a pilot study, funded by the Mannheim waste incineration plant, Kappler’s team was able to show that such biomining works in principle. In 2015, the project was awarded a prize by the Reutlingen Chamber of Industry and Commerce.

But we can’t expect Spanish bacteria to recover raw materials from German household waste on a large scale for the time being. “The difficulty lies in the subsequent separation of the metals,” says Kappler. “For effective metal recycling from slag, further investments would be needed to research the processes on a larger

scale and to transfer them to the first pilot plants. Nevertheless, it is important to do basic research in the laboratory.”

Looking toward Mars and the Tübingen subsoil

The latest project by the geoscientists could be a contribution to the question of life on Mars. In addition to iron minerals, nitrate was also discovered on Mars. “This is fascinating news for anyone who deals with the subject matter,” says Kappler. We know that nitrate is food for iron-oxidizing microorganisms and thus a potential basis for life. Kappler’s team also found bacteria at the Río Tinto that rust iron minerals and feed on nitrate. “We can study processes there that may take place on Mars in a similar way.”

A doctoral student is researching “nitrate-eating” microorganisms of Río Tinto that are involved in the dissolution of pyrite. These are exciting not only with regard to distant planets, but also with regard to an environmental problem directly under our feet: the nitrate pollution of groundwater. This problematic nitrate – for example from agriculture – can be removed by “denitrification”: Certain bacteria convert the nitrate into harmless nitrogen, typically with the help of carbon.

An interesting observation was made by a member of the project team: The Tübingen groundwater system contains bacteria that use the mineral pyrite as an energy source instead of carbon – and also remove the harmful nitrate from the water. “This is exactly what is happening in the Río Tinto riverbed,” says Kappler. “We are exploring the connections there in order to better understand what is happening underground. Our team is one of the world’s leading groups that works with exactly these organisms.”

The Río Tinto is an ideal “research playground”, says Kappler. “The region is well developed and safe and holds keys to a range of scientific questions, from the existence of early life to potential environmental technologies of the future.”

Dr. Lydia Kogler knackt Rätsel um unser Gehirn: Welche Rolle spielen weibliche Hormone bei Stress und Krankheiten?

Dr. Lydia Kogler explores puzzles of our brain: What role do female hormones play in stress and diseases?

PHOTO: Berthold Steinhilber

STRESS IM WEIBLICHEN GEHIRN

STRESS IN THE FEMALE BRAIN

TEXT Judith Rauch

Geschlechtshormone beeinflussen Stressreaktionen im Gehirn, bis hin zu psychischen Erkrankungen und deren Behandlung. Was Frauen betrifft, hat die Medizin hier Nachholbedarf: Viele Medikamente und Therapien orientieren sich am männlichen Standardmodell.

Sex hormones influence stress responses in the brain affecting mental illnesses and treatment. Medicine has some catching up to do: Many medications and therapies are based on the male standard model.

DE

„2106.“ Lydia Kogler nennt mir eine vierstellige Zahl. „Und nun in 17-er-Schritten rückwärts zählen.“ Oje! Im Kopfrechnen bin ich gar nicht gut. Wozu gibt es Taschenrechner? Schon der erste Versuch geht schief. „Falsch!“, kommentiert Kogler streng. „Wieder von vorn! 2106.“

Keine Frage, es ist Stress pur, was die Tübinger Psychologin Dr. Lydia Kogler ihren Versuchspersonen zumutet. Erst recht, wenn man bedenkt, dass sie die Kopfrechnübung nicht wie ich am Tisch sitzend, sondern im Scanner liegend absolvieren müssen: Während sie rechnen, wird mittels Magnetresonanztomografie (MRT) ihr Gehirn aufgezeichnet. Bewegen ist strengstens verboten.

Ein weiterer Test, den man im Scanner absolvieren kann, klingt netter: Cyberball. Es geht darum, mit imaginären Partnern am Bildschirm ein Ballspiel zu spielen. Dumm nur, wenn die imaginären Partner die Versuchsperson dabei vor den Kopf stoßen und aus dem Spiel ausschließen: sozialer Stress! Lydia Kogler weiß aus Versuchsreihen, die sie durchführte – in Wien, Aachen, Philadelphia (USA), Tübingen –, dass Frauen im Vergleich zu Männern stärker auf solchen Stress reagieren, wie sich beispielsweise in Netzwerken im Hirn zeigt. „Frauen leiden stärker unter sozialem Ausschluss als Männer“, erklärt sie.

Geschlechtshormone und Stress

Warum ist es wichtig, so etwas zu wissen? Kogler und ihre Kollegin Dr. Ann-Christin Kimmig erklären es mir: Stress ist ein Überbegriff für ein Phänomen, das viele Ebenen berührt. Er wird subjektiv empfunden (oder auch nicht). Er äußert sich physiologisch, etwa durch Schwitzen oder einen beschleunigten Puls. Das Gehirn ist beteiligt, es kann den Stress regulieren. Und nicht zuletzt wirken Hormone, das „Stresshormon“ Kortisol natürlich, aber auch die Geschlechtshormone von Männern und Frauen. Emotionen spielen eine Rolle, etwa die Angst vor Versagen. Oder soziale Interaktionen – eine strenge Bewertung oder eine sanfte Berührung, die beruhigend wirken kann.

„Eine gesunde Stressreaktion kann sehr positiv sein“, betont Kimmig. „Sie ist relevant für den Erfolg im Leben, kann motivieren und antreiben.“ Schlecht dage-

gen sei dauerhafter Stress, etwa wenn es keine Pausen zur Erholung gibt. Dauerhafter Stress kann zu psychischen Störungen wie Depressionen führen, die bei Frauen verbreiteter sind als bei Männern. „Von der Pubertät an ist über die gesamte Lebensphase hinweg die Prävalenz von Depressionen bei Frauen höher als bei Männern“, weiß Kogler.

Dass dabei Geschlechtshormone eine Rolle spielen können, erläutert Kimmig an den Nebenwirkungen der Anti-Baby-Pille: Die künstlichen Hormone können bei manchen Frauen Stimmungsschwankungen und regelrechte depressive Symptome auslösen. Bei anderen wiederum dämpft die Pille Stimmungsschwankungen, die im Verlauf des Menstruationszyklus auftreten und als „prämenstruelles Syndrom“ bekannt sind. Die Auswirkungen sind also sehr individuell.

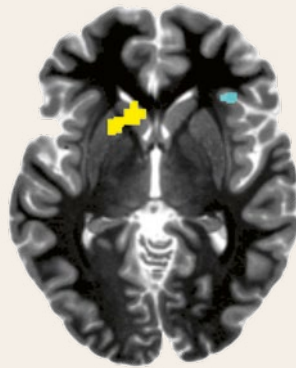
Andere vulnerable Phasen für die mentale Gesundheit einer Frau sind die Geburt eines Kindes oder die Menopause. Auslöser kann dabei der schnelle Abfall eines zuvor hohen Hormonspiegels sein. Neben biologischen Faktoren gibt es allerdings auch sozial bedingte Stressoren und Erwartungen, denen Frauen im Alltag häufig stärker ausgesetzt sind als Männer, etwa eine stärkere Doppelbelastung durch Beruf und Kinder. Lydia Kogler, Mutter von drei kleinen Kindern, kann das bestätigen.

Aufwendige Versuche

Seit den 1990er-Jahren weiß man in der Psychologie und in der Hirnforschung, dass es beim Stress und der Stressverarbeitung Geschlechtsunterschiede gibt. Inzwischen sind auch, vor allem aus Tierversuchen, Details über das Zusammenwirken von Stresshormonen, Geschlechtshormonen, deren Rezeptoren und ihren Wirkungen auf das Nervensystem bekannt. Dank bildgebender Verfahren wie der

funktionellen Kernspintomografie kann man sogar recht genau entschlüsseln, welche Netzwerke im Gehirn an der Stressreaktion beteiligt sind und die Unterschiede im Gehirn lokalisieren.

Darauf zielen die von Lydia Kogler konzipierten Experimente mit dem Hirnscanner ab. Gerade hat die Tübinger Doktorandin Zoé Bürger die Daten aus einem Versuch mit 77 gesunden Versuchspersonen, darunter 40 Frauen, ausgewertet und dabei Netzwerke im Hirn analysiert. Die Arbeit, an der noch weitere internationale WissenschaftlerInnen beteiligt waren, erschien 2023. „Stressor-spezifische Geschlechtsunterschiede im Netzwerk der Amygdala und dem Frontalkortex“ lautet die deutsche Übersetzung des Titels.



Wie man Stress misst: Wird jemand aus einer Gruppe ausgeschlossen, entsteht psychosozialer Stress. Unter dem Scanner lässt sich dies an der Aktivierung bestimmter Hirnregionen erkennen.

How to measure stress: Being excluded from a group creates psychosocial stress. Under the scanner, this can be seen by the activation of certain brain regions.

GRAPHIC: Lydia Kogler

EN

“2106.” Lydia Kogler gives me a four-digit number. “And now count backwards in steps of 17.” Oh dear! I’m not good at mental arithmetic at all. Anyway, what are calculators for? We don’t get off to a good start. “Wrong!” says Kogler sternly. “Start over! 2106.”

Psychologist Dr. Lydia Kogler certainly creates stressful conditions for her participants. Especially when you consider that they have to complete the mental arithmetic exercise not sitting at a table like me, but lying in an MRI scanner: While they calculate, their brain activity is recorded using magnetic resonance imaging (MRI). Movement is strictly forbidden.

Another test that can be done in the scanner sounds like more fun: Cyberball. It involves playing a ball game with imaginary partners on the screen. But the catch is that imaginary partners can exclude them from the game, causing social stress. Lydia Kogler knows from series of experiments that she conducted – in Vienna, Aachen, Philadelphia (USA) and Tübingen – that women react more strongly to social stress compared to men, which can be measured in brain networks. “Women suffer more from social exclusion than men,” she explains.

Sex hormones and stress

Why is it important to know something like this? Kogler and her colleague Dr. Ann-Christin Kimmig explain it to me: Stress is an umbrella term for a phenomenon that touches many levels. It is perceived subjectively (or not), it manifests physiologically, for example through sweating or an accelerated pulse. The brain can help to regulate stress. And hormones have an effect, not just the “stress hormone” cortisol, but also male and female sex hormones. Emotions play a role, such as the fear of failure. Or social interactions – a strict judgment or a gentle touch that can have a calming effect.

“A healthy stress response can be very positive,” emphasizes Kimmig. “It is relevant for achieving success, motivation and drive.” On the other hand, chronic stress is bad, for example when there are no breaks for recovery. Chronic stress can lead to mental disorders such as depression, which are more prevalent in women than in men. “At all ages from puberty onwards, the prevalence of depression in women is higher than in men,” Kogler knows.

Kimmig explains that sex hormones can play a role in this, using the side effects of the birth control pill as an example: The artificial hormones can cause mood swings and even depressive symptoms in some women. In others, however, the pill dampens mood swings that occur during the menstrual cycle known as “premenstrual syndrome”. The effects are therefore very individual.



Dr. Ann-Christin Kimmig
PHOTO: Berthold Steinhilber

Other vulnerable phases for a woman’s mental health are the birth of a child or the menopause. Changes in mental health can be triggered by the rapid decline of a previously high hormone level. However, in addition to biological factors, there are also socially induced stressors and expectations that women are often more exposed to in everyday life than men, such as a greater double burden of career and children. Lydia Kogler, mother of three young children, can confirm this.

Elaborate experiments

Since the 1990s, psychology and brain research have known that there are gender differences in stress and coping with stress. Meanwhile, especially from animal experiments, details about the interaction of stress hormones, sex hormones, their receptors, and their effects on the nervous system are known. Thanks to imaging techniques such as functional magnetic resonance imaging, it is even possible to decipher quite precisely which networks in the brain are involved in the stress response.

Lydia Kogler has designed experiments using brain scanners to investigate this. Recently, Tübingen doctoral candidate Zoé Bürger evaluated data from an experiment with 77 healthy subjects, including 40 women, and analyzed networks in the brain. The



Es ist aufwendige Forschung, die viel Zeit und Geld verschlingt. Um eine ordentliche Statistik zu bekommen, müssen viele Versuchspersonen beiderlei Geschlechts rekrutiert werden. Die eigentlichen Experimente können sich über den ganzen Tag hinziehen, neben dem Hirnscanner werden auch Fragebögen, physiologische Messungen und Blutuntersuchungen eingesetzt. Große Datenmengen werden generiert und erst nach und nach ausgewertet.

Über den Weltraum weiß man mehr

Zum Glück für Forscherinnen, die sich wie Kogler, Kimmig und Bürger für Geschlechtsunterschiede im Gehirn interessieren, gibt es in Tübingen eine Professorin, die es immer wieder schafft, große Forschungsvorhaben und die notwendige Finanzierung dafür an die Uni zu holen: die Österreicherin Birgit Derntl, seit 2015 in Tübingen, leitet die Abteilung „Psychische Gesundheit und Gehirnfunktion von Frauen“ an der medizinischen Fakultät, und seit Januar 2023 überdies das internationale Graduiertenkolleg 2804 der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Psychischen Gesundheit von Frauen in der reproduktiven Lebensphase. Kogler, die 2015 zusammen mit Derntl nach Tübingen wechselte, ist ihre Stellvertreterin.

Ihr persönliches Ziel ist es nicht nur zu forschen. Sie möchte auch als Psychologin eingreifen und etwa Patientinnen und Patienten helfen, Stress besser zu managen, um das Gehirn zu schützen. Als Forscherin aber ist sie derzeit ausgelastet. Gerade wurde in der Psychiatrischen Universitätsklinik ein neuer Hirnscanner installiert, der vor allem für Forschung genutzt werden darf. Die ist ihr wichtig, denn es gibt viel nachzuholen.

Eine Vorreiterin für die Arbeitsgruppe von Birgit Derntl ist die amerikanische Psychologin Emily G. Jacobs von der Universität in Santa Barbara, Kalifornien. Sie hat ausgerechnet, dass unter den rund 50.000 wissenschaftlichen Arbeiten zur Hirnforschung, die seit 1995 erschienen sind, sich gerade 0,5 Prozent mit der psychischen Gesundheit von Frauen beschäftigen. In einem aufrüttelnden Video, das für die von ihr geleitete Initiative Ann S. Bowers Women's Brain Health wirbt, zeigt sie auf, über welche Gebiete die Menschheit mehr weiß als über das Frauengehirn: den Meeresboden, Dinosaurier, Glatzenbildung beim Mann, erektile Dysfunktion, den Weltraum ...

Standardmodell „Mann“

Viel zu lange habe sich die Medizin auf den Mann als Standardmodell der Forschung konzentriert, beklagt auch Ann-Christin Kimmig. „Bis in die 1990er-Jahre wurden Medikamente fast ausschließlich an Männern und männlichen Versuchstieren getestet und auch heute noch gibt es ein Ungleichgewicht bei vielen Medikamenten.“ Das sei zum Teil erklärbar, Frauen seien aufgrund der hormonellen Schwankungen, denen ihr Körper ausgesetzt sei, komplizierter als Männer. Aber die Vernachlässigung des weiblichen Geschlechts in der Forschung habe Folgen. „Medikamente funktionieren bei Männern und Frauen nicht gleich. Frauen haben öfter unerwünschte Nebenwirkungen und auch die Wirksamkeit der Medikamente ist tendenziell geringer.“

Sogar die gerade in den USA neu zugelassenen Alzheimer-Medikamente wirken bei Frauen schlechter als bei Männern, wie man schon weiß. Dabei sind Frauen statistisch gesehen von der Alzheimer-Krankheit stärker bedroht, ähnlich wie bei Depressionen. Das liegt nicht nur daran, dass Frauen im Durchschnitt älter werden als Männer, sondern wohl auch an ihren Hormonen – unter anderem scheint die Menopause ein Risikofaktor zu sein. Bis zu einer wirklich geschlechtergerechten Medizin und Versorgung ist es also noch ein weiter Weg.

Im Hightech-Scanner verfolgen die Forscherinnen, was bei Stress im Gehirn abläuft.

The researchers use a high-tech scanner to track what happens in the brain during stress.

PHOTO: Universitätsklinikum Tübingen



”

Unter den rund 50.000 wissenschaftlichen Arbeiten zur Hirnforschung, die seit 1995 erschienen sind, beschäftigen sich gerade 0,5 Prozent mit der psychischen Gesundheit von Frauen.

Among the approximately 50,000 scientific papers on brain research that have been published since 1995, just 0.5 percent deal with the mental health of women.

“

work “Stressor-Specific Sex Differences in Amygdala-Frontal Cortex Networks” was an international collaboration published in 2023.

Analyzing brain activity is elaborate research that consumes a lot of time and money. To get reliable data, many subjects of both sexes must be recruited. Experiments can take the entire day, involving brain scans, questionnaires, physiological measurements, and blood tests. Large amounts of data are generated and must be evaluated gradually.

We know more about space

Fortunately for researchers like Kogler, Kimmig, and Bürger, who are interested in sex and gender differences in the brain, there is a professor in Tübingen who repeatedly manages to attract large research projects and the necessary funding to the university: Austrian Birgit Derntl, in Tübingen since 2015, heads the group “Women's Mental Health and Brain Function” at the Faculty of Medicine, and since January 2023 also the DFG international research training group 2804 on “Women's Mental Health Across the Reproductive Years”. Kogler, who moved to Tübingen with Derntl in 2015, is her deputy.

Her personal goal is not only to conduct research. She also wants to intervene as a psychologist and help patients manage stress better to protect the brain. However, her research is currently taking up all her time. A new brain scanner has just been installed at the Department of Psychiatry and Psychotherapy, which will mainly be used for research. This is important to her, as there is much to catch up on.

A pioneer for Derntl's work is the American psychologist Emily G. Jacobs from the University of Santa Barbara, California. Jacobs calculated that among the approximately 50,000 scientific papers on brain research that have been published since 1995,

just 0.5 percent deal with the mental health of women. In a stirring video promoting the Ann S. Bowers Women's Brain Health Initiative that she leads, Jacobs lists the areas humanity knows more about than the female brain: the ocean floor, dinosaurs, male baldness, erectile dysfunction, space ...

Medical research is often focused on males

Medicine has focused on the male for far too long, believes Ann-Christin Kimmig. “Until the 1990s, medications were almost exclusively tested on men and male experimental animals, and even today there is an imbalance with many medications.” This is partly explainable, women are more complicated than men, due to the hormonal fluctuations their bodies are subjected to. But the neglect of the female sex in research has consequences. “Medications do not work the same in men and women. Women more often have unwanted side effects, and the effectiveness of medications tends to be lower.”

Even the newly approved Alzheimer's medications in the USA are less effective for women than in men, as is already known. Yet, statistically speaking, women are more at risk of Alzheimer's disease and depression. This is not only because women on average live longer than men, but probably also due to their hormones – among other things, the menopause seems to be a risk factor. Evidently there is still a long way to go before we reach gender equality in healthcare.

KOSMISCHE DRAMEN

COSMIC DRAMA

TEXT Wolfgang Krischke

Gammastrahlenblitze sind das Resultat gigantischer Explosionen in den Tiefen des Alls. Ein Nanosatellit soll sie nun genau lokalisieren – an Bord hat er Technik, die ein Tübinger Astrophysiker-Team entwickelte.

Gamma-ray bursts are caused by gigantic explosions in the depths of space. Astrophysicists from the University of Tübingen have developed the technology on board a nanosatellite that is being dispatched to precisely locate them.

DE

S

ie zeugen von den dramatischsten Ereignissen, die das Universum zu bieten hat: Gammastrahlenausbrüche, deren Blitze die Erde aus Entfernungen von Millionen, oft sogar Milliarden von Lichtjahren erreichen. Es sind Signale aus den Tiefen eines vergangenen Universums, das so längst nicht mehr existiert.

Verursacht werden Gammastrahlenblitze, die von wenigen Millisekunden bis zu einigen Minuten dauern, durch den Kollaps massereicher Sterne oder die Kollision von kompakten astrophysikalischen Objekten wie Neutronensternen oder Schwarzen Löchern. Ihr Zusammenprall endet in einer gewaltigen Explosion, einer Super- oder Hypernova.

Während die Sterne in ihrem „Todeskampf“ zu einem Schwarzen Loch verschmelzen, entsenden sie Materiestrahlen, sogenannte Jets. Durch sie werden Materieteilchen fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Dabei entsteht eine extrem helle Gamma-Strahlung – physikalisch den Röntgenstrahlen verwandt –, die in Sekunden mehr Energie freisetzt als unsere Sonne während ihrer gesamten Lebensdauer.

Gammastrahlen entstehen bei gewaltigen Explosionen im Weltall. Sie setzen in Sekunden mehr Energie frei, als unsere Sonne während ihrer gesamten Lebensdauer. (Künstlerische Darstellung)

Gamma-rays are caused by gigantic explosions in space – releasing more energy in seconds than our sun does throughout its entire lifespan. (Artist's Impression)

PHOTO: Pitris, istockphoto

Seit US-Satelliten die Gammastrahlenblitze 1967 zum ersten Mal registrierten, werden sie intensiv erforscht. Trotzdem sind noch viele Fragen offen. Was genau geschieht, während die Sterne kollabieren? Wie oft werden bei solchen Ereignissen Gammastrahlen ausgesendet? Haben alle Jets die gleiche Struktur oder unterscheiden sie sich von Fall zu Fall? Von der Erde aus lassen sich Gammastrahlenblitze nicht beobachten, da die Atmosphäre sie absorbiert. Deshalb spielen Weltraumteleskope an Bord von Satelliten eine entscheidende Rolle für die Forschung. Ein Team des Instituts für Astronomie und Astrophysik der Universität Tübingen hat jetzt einen wichtigen Baustein dafür geliefert.

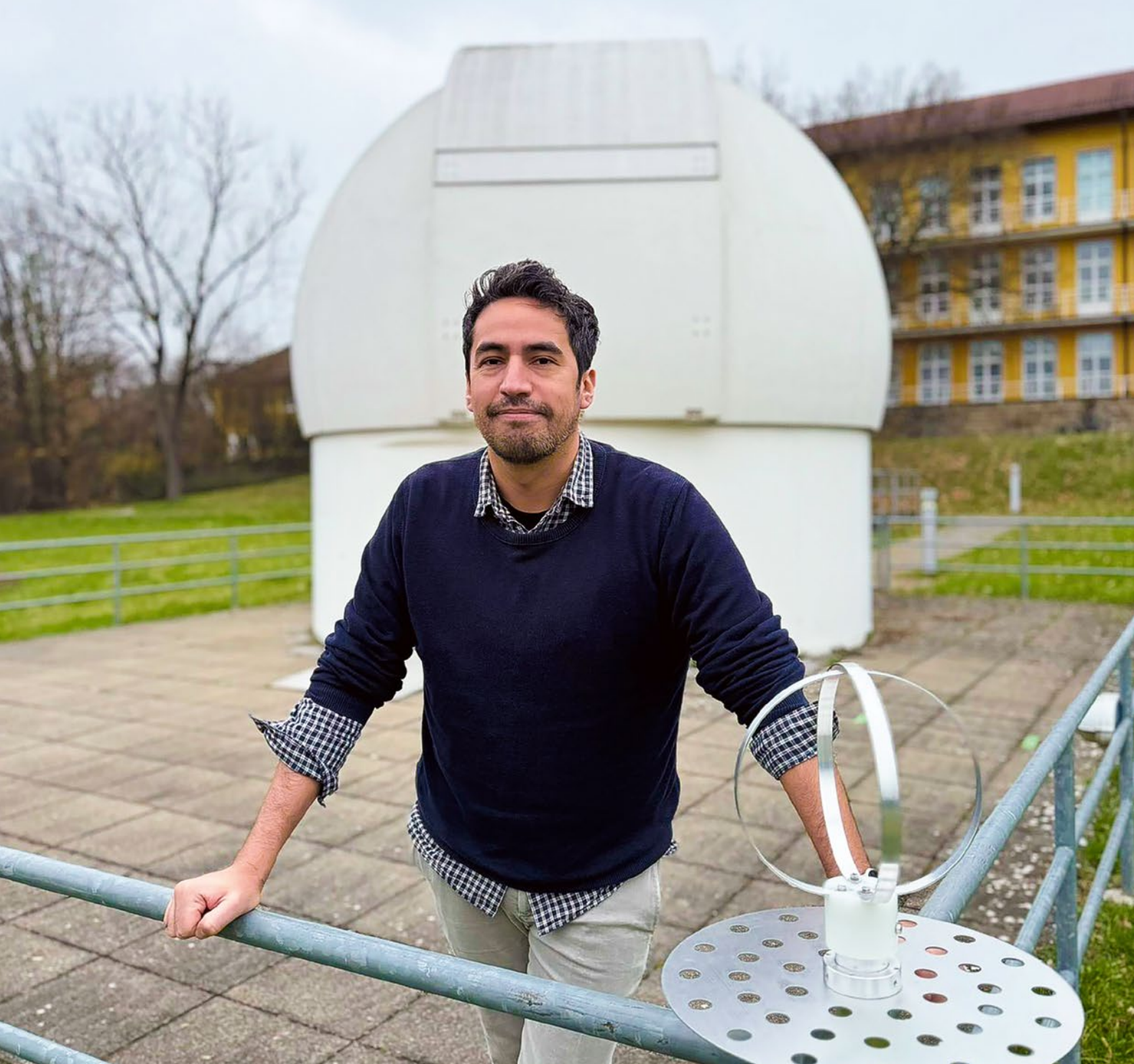
Satellit in Schuhkarton-Größe

Aus seinem Labor stammt das wissenschaftliche Herzstück einer neuen satellitengestützten Mission namens HERMES (High Energy Rapid Modular Ensemble of Satellites), die eine möglichst vollständige Erfassung aller Gammastrahlenblitze und eine

genauere Ortung ihrer Quellen ermöglichen wird. Es handelt sich um einen Minicomputer für ein System aus Kristall- und Silizium-Detektoren. Er spürt Gammastrahlen auf und übermittelt die Daten über Telekommunikationssatelliten an die Erde zur Auswertung.

Die eigene Entwicklung von Forschungstechnologie in Kombination mit wissenschaftlichen Fragestellungen ist eine Besonderheit der Tübinger Astrophysik. Das HERMES-Detektor-System befindet sich an Bord eines Nanosatelliten namens SpIRIT (Space Industry Responsive Intelligent Thermal). Dieser ist gerade mal so groß wie ein Schuhkarton, 11,5 Kilo schwer und wurde an der Universität von Melbourne entwickelt – in Zusammenarbeit mit der italienischen Raumfahrtbehörde (ASI) und dem Italienischen Nationalen Institut für Astrophysik (INAF).

Am 2. Dezember 2023 startete der „Zwergsatellit“ an Bord einer zweistufigen Trägerrakete von einer Basis in Kalifornien aus und trat 513 Kilometer über der Erde in die Umlaufbahn ein. Der



EN

Gamma-ray bursts are among the most cataclysmic events in the universe, reaching Earth from distances of millions, often even billions, of light-years away. They can last from a few milliseconds to several minutes and are caused by the collapse of massive stars or the collision of compact astrophysical objects such as neutron stars or black holes. While the stars merge into a black hole in their death struggle, they emit streams of matter, known as jets that accelerate particles of matter to almost the speed of light. In the process, an extremely bright flash of gamma radiation is produced – similar to X-rays – releasing more energy in seconds than our sun does throughout its entire lifespan.

Additionally, the collapse of a single massive star at the end of its life to directly form a black hole leads to an enormous conflagration, known as a supernova or hypernova, whereby again a similar bright flash of radiation is produced.

Since US satellites first detected gamma-ray bursts in 1967, they have been intensively studied. However, many questions still remain unanswered. What exactly happens when stars collapse? How often are gamma rays emitted during such events? Do all jets have the same structure or do they vary from case to case? Gamma-ray bursts cannot be observed from the Earth's surface as they are absorbed in its atmosphere. Therefore, space telescopes on board satellites play a crucial role in research. A team from the Institute for Astronomy and Astrophysics at the University of Tübingen has now provided important technology for this research.

Dr. Alejandro Guzmán

PHOTO: privat

”

Wir in Tübingen gehören zu den Ersten, die beobachten werden, ob sich Photonen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit durch den Raum bewegen.

We in Tübingen are among the first to observe whether photons move through space at different speeds.

“

Shoebbox satellite

Researchers in Tübingen have developed the technology behind a new satellite-based mission called HERMES (High Energy Rapid Modular Ensemble of Satellites) that will capture gamma-ray bursts and help to localize their sources more precisely. This involves a minicomputer for a system of crystal and silicon detectors. It detects gamma rays and transmits the data via telecommunication satellites to Earth for evaluation.

Alongside scientific research, astrophysicists at the University of Tübingen develop their own technology in-house, which is remarkable for a university. The HERMES detector system is onboard a nanosatellite called SpIRIT (Space Industry Responsive Intelligent Thermal): Not much larger than a shoebox, it weighs 11.5 kilos, and was developed at the University of Melbourne – in collaboration with the Italian Space Agency (ASI) and the Italian National Institute for Astrophysics (INAF).

On December 2, 2023, the miniature satellite launched aboard a two-stage rocket from a base in California and entered orbit 513 kilometers above the Earth. The SpIRIT nanosatellite with the HERMES detector on board is the first of seven planned nanosatellites with the same detector system that will be flown over the next year, forming the HERMES Scientific Pathfinder Constellation.

The University of Tübingen is a member of the consortium led by INAF and the Italian Space Agency. “We followed the satellite launch via a livestream and kept our fingers crossed,” recounts astrophysicist Dr. Alejandro Guzmán, a member of the six-person development team from Tübingen. “It was a tense moment. Years of work have gone into the satellite and if something goes wrong, you can't just stop it to repair it.”

But they didn't have to wait long for confirmation that the satellite was in the correct orbit. The ground station in Australia and amateur networks worldwide soon reported that the signal transmission was working. Currently, SpIRIT is in a commissioning phase due to last several weeks, which is intended to demonstrate whether the satellite and the research technology on board function flawlessly in space. After that, the research mission will begin.



SpIRIT-Nanosatellit mit dem HERMES-Detektor an Bord ist der erste von sieben geplanten Nanosatelliten, die in den nächsten Jahren gebaut und gemeinsam das Netzwerk HERMES Scientific Pathfinder Constellation bilden werden. Sie werden mit den gleichen Detektor-Systemen, die bereits fertiggestellt sind, bestückt sein.

Die Universität Tübingen ist Mitglied des Konsortiums unter Leitung des INAF und der italienischen Raumfahrtbehörde. „Wir haben den Satellitenstart über einen Livestream verfolgt und die Daumen gedrückt, dass alles gut geht“, erzählt Astrophysiker Dr. Alejandro Guzmán, Mitglied des sechsköpfigen Tübinger Entwicklungsteams. „Ein spannender Moment. In dem Satelliten steckt jahrelange Arbeit, und wenn etwas schiefgeht, kann man ihn ja nicht mal eben stoppen, um ihn zu reparieren.“

Es sei aber schnell klar geworden, dass der Satellit in der richtigen Umlaufbahn ist. Die Bodenstation in Australien sowie Amateurnetzwerke weltweit hätten gemeldet, dass die Signalübertragung funktioniere. Zurzeit befindet sich SpIRIT noch in einer mehrmonatigen Testphase, die zeigen soll, ob der Satellit und die Forschungstechnik an Bord unter den extremen Weltallbedingungen einwandfrei funktionieren. Danach beginnen die wissenschaftlichen Aktivitäten.

Mitfahrgelegenheit ins All

Der Vorteil der Nanosatelliten gegenüber ihren großen Brüdern: Sie lassen sich kostengünstiger realisieren, weil die Entwickler – wie auch im Tübinger Projekt – Bauteile „von der Stange“ verwenden können. Auch der Transport ins All ist billiger, denn man nutzt Mitfahrgelegenheiten und benötigt keine eigenen Raketenstarts. So können auch Universitäten, die in der Regel nicht über die finanziellen Mittel von Raumfahrtagenturen verfügen, wichtige Forschungsbeiträge leisten.

Ein weiterer Pluspunkt des Nanosatelliten-Projekts ist seine Schnelligkeit, sagt Guzmán: „Wir haben in weniger als fünf Jahren einen ganz neuen miniaturisierten Detektor entworfen, gebaut und an den Start gebracht. Für Promovierende ist es sehr attraktiv, an so einem Projekt mitzuarbeiten, das sie bis zum Flug begleiten können.“ Entwicklung und Fertigung großer Satelliten, wie sie bei der ESA oder der NASA üblich sind, dauern bedeutend länger.

Hat SpIRIT seine Phase als „Testballon“ des HERMES-Netzwerks absolviert, werden die sieben Nanosatelliten ihre Arbeit aufnehmen. Gemeinsam sollen sie den Himmel nach Gammablitzern absuchen und so eine präzisere Verortung der Strahlungsquellen ermöglichen. Dabei machen sich die Astrophysikerinnen und -physiker zunutze, dass die Detektoren der Satelliten aufgrund ihrer unterschiedlichen Positionen im Orbit denselben Blitz zu unterschiedlichen Zeitpunkten registrieren. Auf der Basis dieser Differenz lässt sich errechnen, wo im Weltall sich die kollabierenden Sterne und Schwarzen Löcher befinden, die diese Blitze aussenden.

Erkenntnisse zur Geschichte des Universums

Allerdings bildet die Gammastrahlung, auf deren Detektion die HERMES-Satelliten ausgelegt sind, nur einen Ausschnitt dieses Phänomens. Die kosmischen Ereignisse und ihre Nachwirkungen

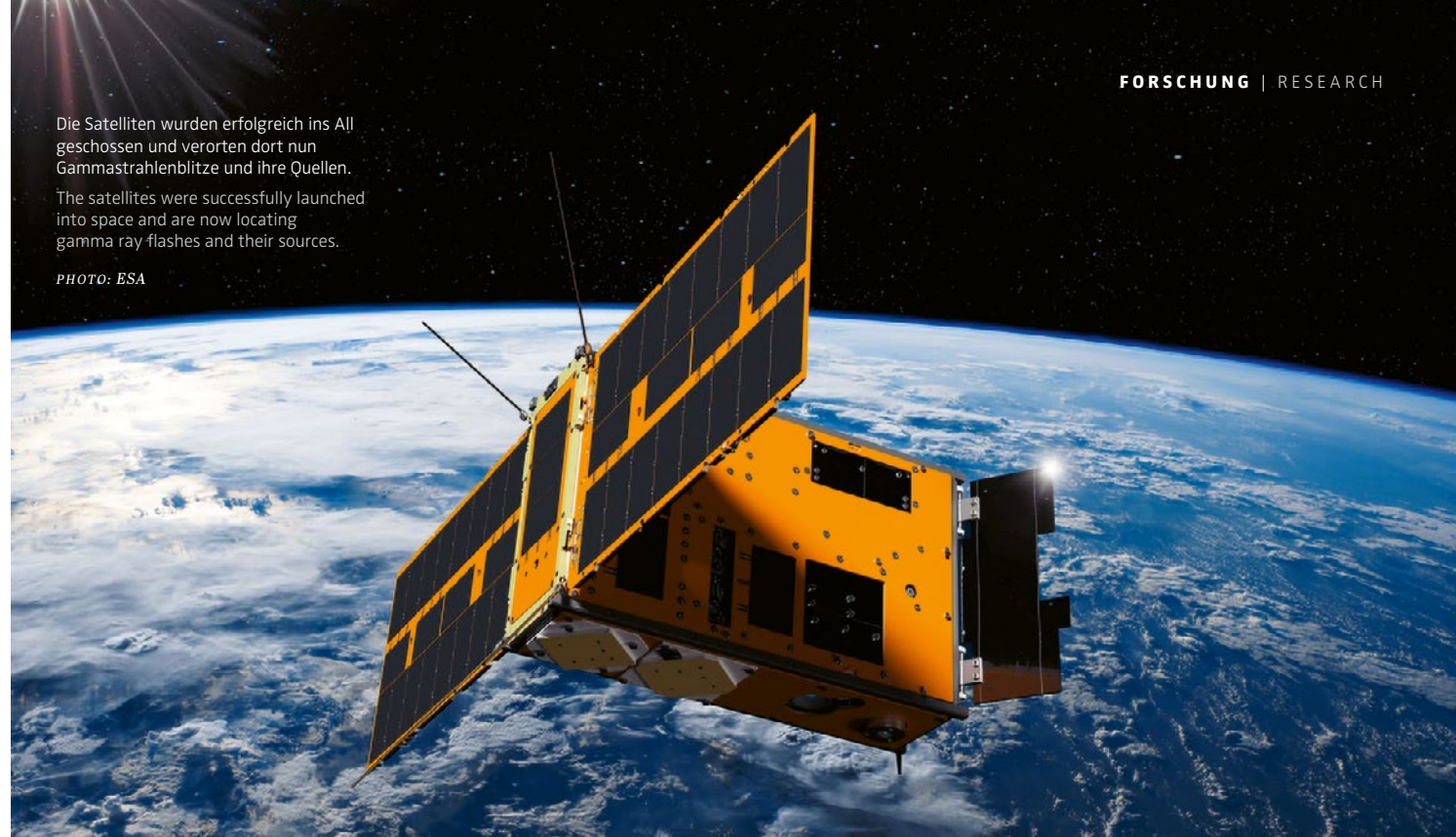
Die Tübinger Astrophysik war an der Entwicklung des Miniatur-Detektors beteiligt – er ist das Herzstück der Hermes-Nanosatelliten. Astrophysicists from Tübingen were involved in developing the miniature detector, the heart of the Hermes nanosatellites.

PHOTO: Alejandro Guzmán



setzen auch andere elektromagnetische Wellen frei: UV- und Infrarot-Strahlung, sichtbares Licht und Radiowellen. Um sie zu registrieren, sind Teleskope notwendig, die auf die jeweiligen Frequenzen spezialisiert sind. Hinzu kommt eine Wellenart, die nicht zum elektromagnetischen Spektrum gehört und 2016 erstmals nachgewiesen wurde: Gravitationswellen, die entstehen, wenn extrem massereiche Sterne oder Schwarze Löcher miteinander verschmelzen. Sie bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit durch den Kosmos und verformen dabei den Raum, den sie durchqueren. Solche verschiedenartigen physikalischen Informationen durch ein Netzwerk spezialisierter Teleskope zu erfassen, sie als Puzzleteile ein und desselben Ereignisses zu identifizieren und zusammensetzen ist das Ziel der Multi-Messenger-Astronomie. Die HERMES-Satelliten sind Teil dieses neuartigen wissenschaftlichen Konzepts: Sie bilden ein Netzwerk, das innerhalb eines größeren Netzwerks operiert.

Die Kombination unterschiedlicher Methoden und Daten verspricht neue Erkenntnisse zur Entstehung und Geschichte des Universums. Zum Beispiel zur Frage nach den Ursprüngen der chemischen Elemente oder zur Geschwindigkeit, mit der sich das Universum ausdehnt. Das spezielle Interesse der Tübinger Forschenden gilt einem der kniffligsten Rätsel der Kosmologie, wie Guzmán erläutert: „Die Spezielle Relativitätstheorie postuliert, dass alle Beobachter im Vakuum die gleiche Lichtgeschwindigkeit messen, unabhängig von der Wellenlänge des Lichts, was mit der Vorstellung zusammenhängt, dass der Raum ein Kontinuum ist.“ Sei der Raum jedoch auf sehr kleinen Skalen in Einheiten unterteilt, sei es denkbar, dass sich Licht je nach Wellenlänge etwas schneller oder langsamer in diesem Raumgitter ausbreite. Die Unterschiede sind viel zu klein, um sie auf der Erde festzustellen. Beobachtet man aber Lichtstrahlen im Kosmos über eine sehr lange Zeit und Strecke, kann man messen, ob sich die Photonen wirklich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegen. „Wir in Tübingen gehören zu den Ersten, die versuchen, das herauszufinden. Die Beobachtung der Gammastrahlen durch unsere Satelliten-Konstellation eignet sich dafür hervorragend.“



Die Satelliten wurden erfolgreich ins All geschossen und verorten dort nun Gammastrahlenblitze und ihre Quellen. The satellites were successfully launched into space and are now locating gamma ray flashes and their sources.

PHOTO: ESA

Ride-sharing into space

Nanosatellites can have an important advantage over conventional satellites: They can be manufactured more cost-effectively because the developers – as in the Tübingen project – can use off-the-shelf components. Sending nanosatellites into space is also cheaper, as ride-sharing opportunities are used, avoiding rocket launches for each mission. Universities generally do not have the financial means of space agencies and this saving means that they can also make important contributions to research.

Another plus point of the nanosatellite project is its speed, says Guzmán: “In less than five years, we have designed, built, and launched an entirely new miniaturized detector. For doctoral students, it is very attractive to collaborate on such a project that they can accompany up to the launch.” Development and manufacturing large satellites, as is common with ESA or NASA, take significantly longer.

Once SpIRIT has completed its testing phase and proven the capability of the HERMES network, the seven nanosatellites will commence their work. Together, they will scan the sky for gamma-ray bursts and attempt to locate radiation sources more precisely. Detectors on the satellites register the same burst at different times due to their different positions in orbit, which is valuable information for the astrophysicists. Based on this difference, they can calculate where in space the collapsing stars and black holes emitting these bursts are located.

Insights into the history of the universe

Gamma radiation that the HERMES satellites are designed to detect represents only part of this phenomenon. Cosmic events and their aftermath also release other electromagnetic waves: UV and infrared radiation, visible light, and radio waves. To detect them, telescopes are needed that are specialized in specific frequencies.

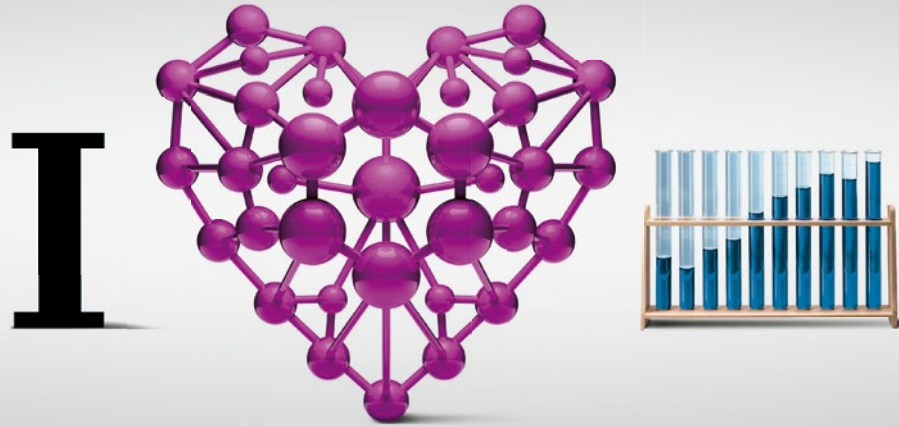
Another type of wave that does not belong to the electromagnetic spectrum was first detected in 2016: Gravitational Waves. GWs are generated when extremely massive stars or black holes merge. They move at the speed of light through the cosmos, warping the space they traverse. Multi-messenger astronomy aims to capture such diverse physical information through a network of specialized telescopes, identifying them as puzzle pieces of the same event, and assembling them.

Combining different methods and data promises new insights into the formation and history of the universe. For example, questions exploring the origins of the chemical elements or the speed at which the universe is expanding. Researchers at the institute specialize in one of the trickiest puzzles of cosmology, as Guzmán explains: “The special theory of relativity postulates that all observers in a vacuum measure the same speed of light, regardless of the wavelength of the light, which is related to the notion that space is a continuum.”

If space is divided into units on very small scales, it is conceivable that light could propagate slightly faster or slower in this lattice depending on its wavelength. The differences are far too small to be detected on Earth. However, by observing light rays in the cosmos over a very long time and distance, scientists can measure whether photons really move at different speeds. “Our institute is among the first to try this. The observation of gamma rays through our satellite constellation is excellently suited for this purpose,” says Guzmán.

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



www.swtue.de/nachtbus

Jetzt jede Nacht feiern.

12 Linien. Ohne Aufpreis.

Nachtschwärmer kommen mit dem umfangreichen Nachtbus-Angebot voll auf ihre Kosten:

- täglich zwischen 0.00 und 3.00 Uhr
- Donnerstag bis Samstag sogar bis 4.00 Uhr
- gilt für alle Tickets im Stadttarif **ohne Aufpreis**



WIR WIRKEN MIT.



SICHERHEIT IST SPEZIALWISSEN WEITERGEBEN und von der Erfahrung anderer profitieren.

Das Klinikum Friedrichshafen bietet Ihnen als Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen viele Möglichkeiten in der Ausbildung sowohl theoretisch als auch am Krankenbett und im OP-Saal. Ihr PJ ist möglich in den Fächern Allgemein- und Viszeralchirurgie, Unfallchirurgie und Endoprothetik, Gefäßchirurgie, Anästhesiologie und Intensivmedizin, Innere Medizin, Frauenheilkunde, Pädiatrie und Radiologie.

Wir bieten Ihnen außerdem Fortbildungsveranstaltungen verschiedener Abteilungen, eine reizvolle Lage am Bodensee mit hohem Freizeitwert, eine Aufwandsentschädigung (300 €), subventioniertes Wohnen im Personalwohnheim, ein Lese- und Studierzimmer sowie eine direkte Anbindung an den ÖPNV (Bus).



MEDIZIN CAMPUS BODENSEE

Mehr unter www.medizin-campus-bodensee.de



AOK@Campus Gesund studieren

Jetzt noch näher: Keplerstraße 1, 72074 Tübingen



Austausch & Netzwerken



AOK Infos & Beratung



Prävention & Gesundheit

GESUNDNAH

AOK Baden-Württemberg
Die Gesundheitskasse.

Kostenfreie Gesundheitsaktionen!



NATUR AM LIMIT

EARTH AT ITS LIMITS

TEXT Stephan Köhnlein

Wie viel Veränderung verkraften die Ökosysteme der Erde? Das Konzept der „Planetaren Grenzen“ definiert rote Linien – und schafft zugleich neuen Diskussionsbedarf, wie ein Ethik-Projekt zeigt.

How much change can the Earth's ecosystems cope with? Despite red lines being drawn in the Planetary Boundaries concept, current research in Planetary Ethics shows that thorough discussion is needed on the ethical implications of such boundaries.

DE

Welchen Temperaturanstieg verkraften Pflanzen und Lebewesen? Ab wann sind Ozeane übersäuert und wie viel Wald darf abgeholzt werden? Die Frage, wie weit die Ökosysteme der Erde belastet werden können, bevor sie aus dem Gleichgewicht geraten, war 2009 Ausgangspunkt für das Konzept der „Planetaren Grenzen“.

Klima- und Umweltforschende entwarfen hier unter der Leitung des Wissenschaftlers Johan Rockström ein Zukunftsszenario globaler Umweltveränderungen. Für neun natürliche Systeme definierten sie „Belastbarkeitsgrenzen“ und nahmen unter anderem Entwicklungen wie den Klimawandel (gemessen an der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre), den Ozonabbau, die Veränderung von Landnutzung (gemessen am Anteil der Waldfläche), den Zustand unserer Gewässer oder den Rückgang biologischer Vielfalt in den Fokus.

Wenn die Menschheit weiterhin stabile Ökosysteme und eine lebenswerte Umgebung erhalten will, sollte sie diese Grenzen nicht überschreiten. „Man etablierte eine Art Alarmsystem“, sagt der Tübinger Ethiker Simon Meisch.

Das Konzept der Planetary Boundaries wurde seitdem viel diskutiert. Unter anderem beeinflusste es die Diskussionen um die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen. Trotz dieser politischen Relevanz gibt es bislang kaum Literatur zu einer systematischen Auseinandersetzung mit den ethischen Fragen, die ein solches Konzept aufwirft, wie Jeremy Schmidt von der Queen Mary University of London berichtet. Gemeinsam mit Simon Meisch rief er daher das Projekt „Planetary Ethics“ ins Leben.



Überschwemmungen als Folge des Klimawandels: Das Konzept der „Planetaren Grenzen“ legt Kipp-Punkte für die Ökosysteme der Erde fest.
Floods as a result of climate change: The concept of “Planetary Boundaries” sets tipping points for the Earth's ecosystems.

PHOTO: shaunl. istockphoto

Dr. Simon Meisch ist Politikwissenschaftler und am Internationalen Zentrum für Ethik in den Wissenschaften (IZEW) der Universität Tübingen tätig. Jeremy Schmidt war zu Beginn des Projekts außerplanmäßiger Professor für Geografie in Durham und lehrt heute Umweltgeografie in London. Für ihr Projekt führten die beiden Gespräche mit Forschenden aus den Geistes-, Sozial- und Naturwissenschaften, Politikberatern und Kunstschaffenden weltweit.

Wer definiert die Grenzen?

Beim Gedanken an planetare Grenzen, denen wir uns unaufhörlich nähern – sechs gelten bereits als überschritten –, drängen sich Fragen auf wie: Welche Anstrengungen muss die Menschheit aufbringen, um die Ziele einzuhalten? Wie geht es weiter, wenn sie gerissen werden? Doch aus Sicht der Studienleiter geht die Ethik einen Schritt weiter: Wie und von wem lassen sich solche Grenzen überhaupt sinnvoll definieren? Gelten sie global oder braucht es regionale Ausdifferenzierungen? Wer trägt am Ende Verantwortung für politisches Handeln?

Das Konzept wirke wie ein wissenschaftliches Modell, erklärt Meisch. „Es geht jedoch von normativen Annahmen aus, die es nicht transparent macht.“ So wird schon länger problematisiert, dass die planetaren Grenzen von einer kleinen Forschergruppe aus westlichen Industrieländern definiert wurden. Drücken Europa und die USA dem Rest der Welt ihre Vorstellungen aufs Auge?

Die Bedrohung beim Überschreiten der Belastbarkeitsgrenzen könne unterschiedlich wahrgenommen werden, so Schmidt. Planetary Boundaries bleibt hier naturgemäß allgemein und berücksichtigt keine Einzelinteressen. So gehe es beispielsweise beim Verlust biologischer Vielfalt oder dem Wandel der Landnutzung immer auch um konkrete Räume, die Menschen bewohnen und kultivieren, wie Simon Meisch erklärt.

Oft werde die Landwirtschaft als Problemquelle gesehen. Gleichzeitig sei sie Lebensgrundlage für große Teile der Menschheit. „Familien, die ihr Land über Generationen bewirtschaften, können diesem durchaus innig verbunden sein.“ Genauso könnten politische Maßnahmen, die das Überschreiten einer planetaren Grenze verhindern wollen, in problematischer Weise in die Lebensweisen indigener Völker eingreifen. „Gerade für den Schutz der Biodiversität sind indigene Völker von großer Bedeutung, weil sich viele Biodiversität-Hotspots auf ihren Territorien finden. Westliche, stark durch die Naturwissenschaften geprägte Konzepte von Biodiversität können im Spannungsverhältnis zu Vorstellungen stehen, wie indigene Völker ihre Beziehungen zu nichtmenschlichen Lebewesen verstehen und leben.“

Welche Konsequenzen ziehen wir?

Im Bereich der Biodiversität scheint die Abwägung fast unmöglich: Welche Spezies hat das Vorrecht auf einen Lebensraum? Müssen beispielsweise neu hinzugekommene invasive Arten eingebremst werden? Schmidt berichtet vom Gelände der Olympischen Spiele 2000 in Sydney, das auf einer Industriebrache errichtet wurde. Wegen hoher Schadstoffbelastung können viele Tiere dort nicht leben – bis auf eine Froschart, die so ihre Nische gefunden hat. Hat sie Vorrang oder gilt es, das Gelände zu renaturieren?

Selten gibt es die „eine Strategie“, um die Belastungsgrenzen zu meiden. Das Modell nennt keine Verursacher und kann nicht alle Aspekte ausformulieren. So fasst der Bereich „Novel Entities“ – neue Stoffe, die von der Menschheit in die Natur eingebracht werden – Unterschiedliches zusammen. „Damit können Atommüll, Mikroplastik oder Medikamentenrückstände gemeint sein“, sagt Meisch. „Für jede dieser Problematiken braucht es eigene Handlungsansätze.“

Selbst im einzigen Feld, das bislang als Erfolg gewertet wird, der Bekämpfung des Ozonlochs, sind die Bewertungen gemischt. Substanzen wie das FCKW wurden in einem internationalen Kraftakt eingedämmt. Andere schädliche Stoffe aber werden in den Regelungen nicht einmal erwähnt, so die Kritik.

Eine „Ethik des Erdsystems“

Man sei bei allen Forschenden auf großen Gesprächsbedarf zum Thema gestoßen, sagt Meisch. „Sie sind sehr beunruhigt über die ökologischen Entwicklungen.“ Zugleich zeigte sich, dass es wichtig ist, die Debatte ausdifferenzieren, um überhaupt sinnvoll streiten zu können. Den anderen zuhören und akzeptieren, dass die Vorstellungen von „einem guten Leben“ weit auseinandergehen können, sei ein Anfang. „In einer Welt, die immer stärker vernetzt ist, sollten Forderungen nach Gerechtigkeit so formuliert und begründet sein, dass sie alle Menschen in den Blick nehmen.“

Jede der neun Planetaren Grenzen diskutierten die Wissenschaftler in Videokonferenzen. Die Dialoge dokumentierten sie in einem Buch, das bei Cambridge University Press erscheint, und führten sie in einem eigens entwickelten Podcast weiter. Am Ende soll Lehrmaterial für Schulen und Universitäten entstehen, das anregt, sich mit den aufgeworfenen Fragen zu beschäftigen. Ab 2025 wird es für möglichst viele Menschen kostenlos zugänglich sein.

Die Ergebnisse möchten die Projektleiter als Grundlage für eine „Ethik des Erdsystems“ anbieten: eine Sammlung ethischer Fragen, die sich bei Prozessen ergeben, die das gesamte Erdsystem betreffen, also eine planetare Dimension besitzen. Als Erfolg sehen sie bereits, dass sie mit den Gesprächen Raum anbieten konnten, um sich in die Debatte einzubringen. „Wir haben einen Reflexionsprozess angestoßen – das erweitert die Perspektive und führt vielleicht wiederum zu mehr Engagement.“

Artenvielfalt, wie auf diesem Riff, ist schützenswert, das ist Konsens. Doch wie gehen wir beispielsweise mit invasiven Arten um?

Biodiversity, as on this reef, is worth protecting. But how do we deal with invasive species?

PHOTO: WhitcombeRD, istockphoto

W

rise in temperature can plants and living beings cope with? What levels of ocean acidification and deforestation are acceptable? In 2009, the Planetary Boundaries project investigated how much pressure the Earth's ecosystems can tolerate before becoming unbalanced.

Led by scientist Johan Rockström, climate and environmental researchers designed a model for assessing the impact of global environmental changes. Threshold limits were defined for nine natural systems to consider developments such as climate change (measured by the CO2 concentration in the atmosphere), ozone depletion, land use change (measured by the proportion of forest area), water conditions and decline in biodiversity. If humanity wants to continue to maintain stable ecosystems and an environment worth living in, it should not exceed these limits. "They created a kind of alarm system for the planet," says ethicist Simon Meisch from the University of Tübingen.

The concept of Planetary Boundaries has been much discussed since then. It also influenced debate on the United Nations Sustainable Development Goals. Despite this political relevance, there is hardly any literature that systematically examines the ethical implications of planetary boundaries, as Jeremy Schmidt from Queen Mary University of London reports. Schmidt and Meisch began work on the "Planetary Ethics" project to close this gap.

Dr. Simon Meisch, a political scientist and ethicist, works at the International Center for Ethics in the Sciences and Humanities (IZEW) at the University of Tübingen. Jeremy Schmidt was an associate professor of geography at Durham at the beginning of the project and now teaches environmental geography at Queen

Mary University of London. As part of the Planetary Ethics project, Schmidt and Meisch held discussions with researchers from the humanities, natural and social sciences, political consultants and artists worldwide.

Who defines the boundaries?

As Earth gets ever closer to exceeding the Planetary Boundaries – six have already been crossed – we need answers rather urgently. What effort does humanity have to make to meet the targets? What happens when boundaries are crossed? From an ethical perspective, researchers believe that we need to investigate additional questions: Can such boundaries be meaningfully defined, and by whom? Do boundaries apply globally or do they need regional variations? Who is ultimately responsible for political action?

The concept looks like a scientific model, explains Meisch. "However, it is based on normative assumptions that are not transparent." For example, it has long been contentious that the planetary boundaries were defined by a small group of researchers from Western industrialized countries. Does this mean that Europe and the USA are imposing their views on the rest of the world?





In einer Welt, die immer stärker vernetzt ist, sollten Forderungen nach Gerechtigkeit so formuliert und begründet sein, dass sie alle Menschen in den Blick nehmen.

In a world that is becoming increasingly networked, demands for justice should be phrased and justified in such a way that they consider everyone's needs.



WAS DIE ERDE AN IHRE GRENZEN BRINGT

Das Konzept der Planetaren Grenzen (Planetary Boundaries, PB) wurde von 28 Erdsystem- und Umweltforschenden entworfen, unter Leitung des schwedischen Wissenschaftlers und heutigen PIK-Direktors Johan Rockström. Das Team definierte neun ökologische Grenzen, die einen sicheren Handlungsraum für die Menschheit abstecken sollen. Das Überschreiten einer oder mehrerer Grenzen kann schädlich oder sogar katastrophal sein, weil es zu abrupten Umweltveränderungen der Erdsysteme kommt.

Im Jahr 2023 quantifizierten die Forscher den Status aller neun Prozesse und Systeme. Ihr ernüchterndes Ergebnis: Bereits sechs der neun Grenzen sind überschritten.

PUSHING OUR PLANET TO ITS LIMITS

The Planetary Boundaries (PB) concept was designed by 28 Earth system and environmental researchers, led by Swedish scientist and current PIK Director, Johan Rockström. The team defined nine environmental boundaries that represent a safe space for our actions on the planet. Exceeding one or more boundaries can be harmful or even catastrophic by causing abrupt environmental changes in Earth systems.

In 2023, the researchers quantified the status of all nine processes and systems. The sobering result: Six of the nine boundaries have already been crossed

Schmidt suggests that the threat of exceeding boundaries may be perceived differently. Planetary boundaries are designed to be generally applicable and do not take any individual interests into account by nature. For instance, the loss of biological diversity or changes in land use always concern specific areas that people inhabit and cultivate, as Simon Meisch explains.

Agriculture is often seen as a source of problems. But it also serves as a livelihood for significant segments of the human population. "Families who have cultivated their land for generations can be intimately connected to it." Similarly, policies aimed at preventing the crossing of a Planetary Boundary could interfere with Indigenous ways of life. "Indigenous peoples are particularly important for the protection of biodiversity as many biodiverse reserves can be found on their territories. Western concepts of biodiversity, strongly influenced by the natural sciences, can be at odds with ideas about how Indigenous peoples understand and live their relationships with non-humans."

How does this influence our decisions?

In the area of biodiversity, seeking a fair balance seems almost impossible: Which species has the privilege of a habitat? Should newly introduced invasive species be slowed down? Schmidt refers to the site of the 2000 Olympic Games in Sydney, which was built on an industrial wasteland. Due to high levels of pollutants, many animals cannot live there – except for a frog species that has found its niche. Should this species be given priority or the land be renatured?

Rarely is there a single strategy to avoid crossing boundaries. The model does not name any polluters and fails to consider all aspects in detail. The "Novel Entities" section covers new substances introduced into nature by humankind that are very different. "This can include nuclear waste, microplastics or drug residues," says Meisch. "Each of these problems requires a different action plan."

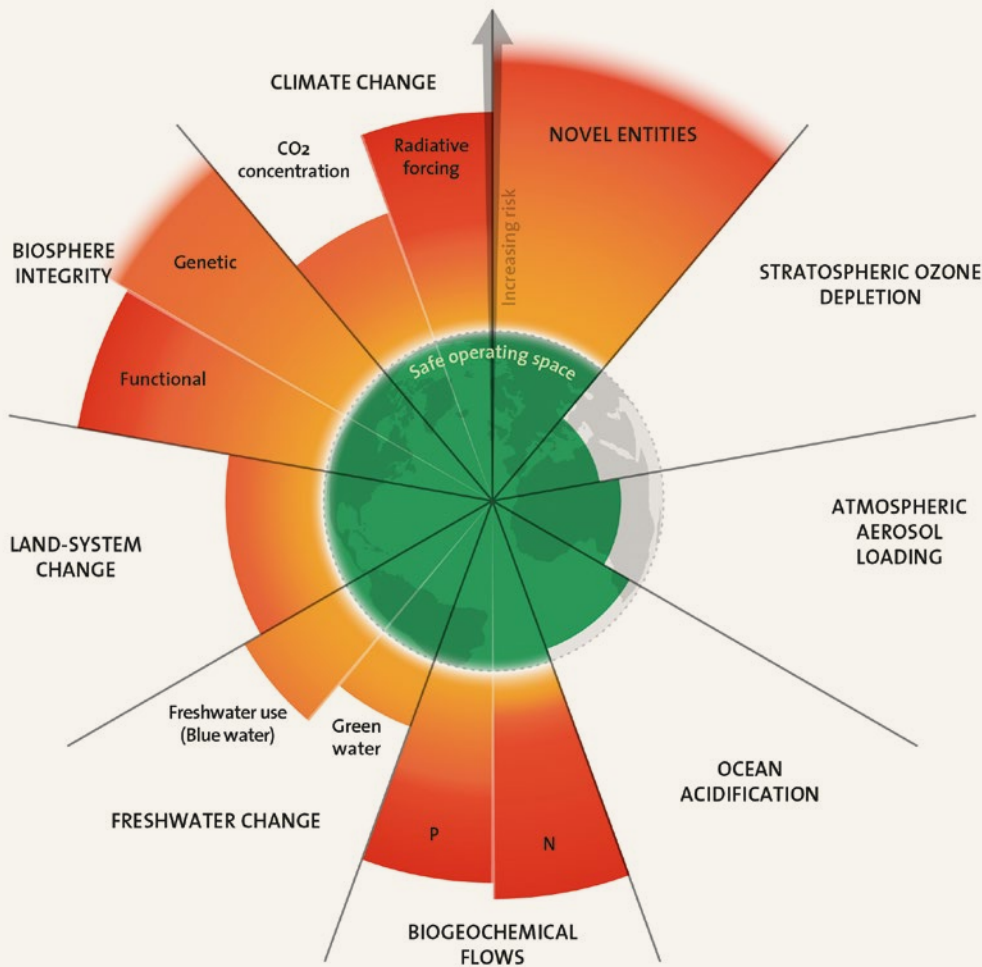
Even in addressing the depletion of the ozone layer, the only field that has so far been considered a success, there is still underlying criticism. Although substances such as CFCs were contained in an international effort, other harmful substances are not even mentioned.

Earth system ethics

There was a great need for discussion on the topic among all researchers, says Meisch. "They are quite alarmed about ecological developments." Evidently, there is a need for a nuanced debate that is more detailed and focused. Listening to others and accepting that definitions of quality of life can vary widely is a start. "In a world that is becoming increasingly networked, demands for justice should be phrased and justified in such a way that they consider everyone's needs."

Academics, artists and practitioners discussed each of the nine planetary boundaries in a series of video conferences. The debates will be documented in a volume published by Cambridge University Press and continued in a podcast series. Meisch and Schmidt hope these educational materials for schools and universities will encourage to deal with the questions raised in the debate. From 2025, it will be accessible free of charge to as many people as possible.

The project outcome is intended to establish a foundation for "Earth system ethics". It raises ethical questions that arise in processes on a planetary dimension that affect the entire Earth system. The project team already consider it a success that through the discussions they were able to provide a space for contributing to the debate. "We are encouraging people to think and reflect – this broadens perspectives and may in turn lead to greater involvement."



ÜBERSCHRITTEN

- Klimawandel, gemessen u. a. an der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre
- Biochemische Kreisläufe, unterteilt in Phosphoreintrag in Ozeane und Süßwassersysteme sowie in die industrielle und beabsichtigte biologische Bindung von Stickstoff
- Süßwasserverbrauch, unterteilt in grünes Wasser (in Böden und Pflanzen) und Oberflächenwasser
- Landnutzungsänderung, gemessen am Anteil der ursprünglichen Waldfläche
- Unversehrtheit der Biosphäre, unterteilt in genetische Diversität (Aussterberate) und funktionelle Diversität (Biodiversitäts-Intaktheits-Index)
- Novel Entities: Einbringung neuartiger Substanzen, z. B. Mikroplastik, Pestizide oder Atommüll

EXCEEDED BOUNDARIES

- Climate change measured by the CO₂ concentration in the atmosphere and other factors
- Biochemical flows – based on phosphorus in oceans and freshwater system and industrial and intended biological binding of nitrogen
- Freshwater change in green water (in soil and plants) and blue water
- Land use change, measured by the proportion of the original forest area
- Biosphere integrity based on genetic diversity (extinction rate) and functional diversity (biodiversity intactness index)
- Novel entities: incorporation of novel substances, e.g. microplastics, pesticides or nuclear waste

NOCH NICHT ÜBERSCHRITTEN

- Versauerung der Ozeane, gemessen an der Aragonit-Sättigung im Oberflächenwasser
- Atmosphärische Aerosolbelastung, gemessen an der Aerosol-optischen Dichte

NOT YET EXCEEDED

- Ocean acidification measured by aragonite saturation in surface water
- Atmospheric aerosol load measured by aerosol optical thickness

TENDENZIELL RÜCKLÄUFIG

- Stratosphärischer Ozonabbau, gemessen an der Ozon-Konzentration

DECLINING TREND

- Stratospheric ozone depletion measured by ozone concentration



TRUMP FIRST? WAS LINCOLN DAZU SAGEN WÜRDEN

TRUMP FIRST? WHAT WOULD LINCOLN SAY TO THAT

TEXT Tilman Wörtz

Die US-amerikanische Präsidentschaftswahl im November lässt viele von einem „Schicksalsjahr“ für die amerikanische Demokratie sprechen. Georg Schild, Professor für Nordamerikanische Geschichte, hat Biografien über Abraham Lincoln und John F. Kennedy geschrieben und sich intensiv mit Wahlkämpfen in den USA befasst. Er sieht Parallelen zu einem anderen Schicksalsjahr in der Geschichte des Landes.

The US presidential election in November has many speaking of a “fateful year” for American democracy. Georg Schild, Professor of North American History, has written biographies about Abraham Lincoln and John F. Kennedy and has extensively dealt with election campaigns in the USA. He sees parallels to another fateful year in the country’s history.



PHOTO: Berthold Steinhilber

DE

Der Wahlkampf in den USA hat begonnen. Werden wir einen einmalig hässlichen politischen Wettbewerb erleben?

Georg Schild Der Wahlkampf ist die Vorstufe zur Macht, da wurde in den USA schon immer mit harten Bandagen gekämpft, nicht erst seit Donald Trump. So wurde Präsident Andrew Jackson in den 1830er-Jahren oftmals als „King Andrew“ karikiert. Noch schlimmer wurde Abraham Lincoln 1860 in Anspielung auf seinen Namen „Abe“ häufig als Affe (englisch: Ape) dargestellt. Trump nimmt diese Tradition der Verächtlichmachung des Gegners wieder auf, wenn er Hillary Clinton als „Crooked Hillary“, Joe Biden als „Sleepy Joe“ und seine innerparteiliche Rivalin Nikki Haley als „Tricky Nikki“ bezeichnet.

Wofür steht Trump inhaltlich?

GS Trump äußert sich ungenau und widersprüchlich darüber, was er im Fall einer Wiederwahl beabsichtigt. Er erklärt, dass er die Grenze zu Mexiko sichern, den Ukraine-Krieg und den Nahostkonflikt unverzüglich beenden werde. Und er stellt die Nato infrage. Aber dahinter steht kein ausgearbeitetes innen- und außenpolitisches Konzept. Seine Äußerungen kann man wohl am ehesten psychologisch deuten. Er erklärt sich selbst zum Heilsbringer, der alles erreichen kann, und die Massen jubeln ihm zu. Das deutet auf ein tiefer gehendes Problem innerhalb der amerikanischen Gesellschaft hin.

Auf welches?

GS Trump wird bei uns gerne als potenzieller Diktator dargestellt. Das ist ein schräger Vergleich, weil sich Regierungshandeln in Amerika nie als Legitimationsbasis angeboten hat wie in Europa. Trump will den Staatseinfluss nicht ausdehnen. Er gleicht eher Präsidenten wie Herbert Hoover und Ronald Reagan, die die Regierung schwächen wollten. Trump kündigt an, dass er Steuern senken, Staatsangestellte entlassen, Ministerien auflösen, Hilfsprogramme für Minderheitengruppen beenden und das unter Barack Obama eingeführte Krankenversicherungssystem wieder abschaffen will.

Aber warum jubeln ihm die Leute zu?

GS Viele der Menschen auf Trumps Wahlveranstaltungen sind Weiße der unteren Mittelschicht. Sie arbeiten hart und glauben, dass der Staat sie in ihrer Freiheit und ihrem Tun einschränkt, beispielsweise durch Steuern oder die Regulierung des Schusswaffenbesitzes. Und – ganz wichtig – sie glauben, dass andere Gruppen und Minderheiten bevorzugt werden, vor allem Schwarze. Die Nachkommen der weißen, protestantischen, englischen Siedler, die Trump zujubeln, verstehen sich als die „wahren“ Amerikaner. Ein Präsident wie Barack Obama und eine Vizepräsidentin wie Kamala Harris passen nicht in dieses Weltbild. Hier kommt Trumps Regierungskritik ins Spiel: In populistischer Manier verspricht er, alte Machtstrukturen wieder herzustellen, indem er den regulierenden Staat zurückfährt – und die Weißen so frei agieren lässt, wie sie es in einer mythisch verklärten Frühzeit des Landes tun konnten. Das ist das „again“ in „Make America great again“.

EN

The election campaign in the USA has begun. Will we witness an ugly political competition like we have never seen before?

Georg Schild The election campaign is the precursor to power, and in the USA, the battle has always been fought with hard blows, not just since Donald Trump. President Andrew Jackson was often caricatured as “King Andrew” in the 1830s. Even worse, Abraham Lincoln was frequently depicted as an ape in 1860, playing on his name “Abe”. Trump revives this tradition of denigrating the opponent when he calls Hillary Clinton “Crooked Hillary”, Joe Biden “Sleepy Joe”, and his intra-party rival Nikki Haley “Tricky Nikki”.

What does Trump stand for in terms of his campaign?

GS Trump makes vague and contradictory statements about what he intends to do if re-elected. He declares that he will secure the border with Mexico, immediately end the war in Ukraine and the Middle East conflict. And he questions NATO. But he has no domestic and foreign policy concept. His statements should be viewed from a psychological perspective. He declares himself to be the savior who can achieve everything, and the masses cheer him on. This indicates a deeper problem within American society.

Which one?

GS Europeans often portray Trump as a potential dictator. This is an odd comparison because government programs do not serve as a basis for legitimacy in the USA as in Europe. Trump does not want to extend the influence of the government. He is more like presidents Herbert Hoover and Ronald Reagan, who sought to weaken the government’s role in the life of the people. Trump announced that he wants to cut taxes, lay off government employees, dissolve ministries, end assistance programs for minority groups, and repeal the health insurance system introduced under Barack Obama.

But why do people cheer him on?

GS Many of the people at Trump’s campaign rallies come from the white lower-middle class. They work hard and believe that the government restricts their freedom through taxes and the regulation of gun ownership. And, very importantly, they believe that the government gives preferential treatment to other groups and minorities, especially Blacks. The descendants of the white, Protestant, English settlers who cheer for Trump see themselves as the “true” Americans. A president like Barack Obama and a vice president like Kamala Harris do not fit into this worldview. This is where Trump’s criticism of the government comes into play: In a populist manner, he promises to restore old power structures by rolling back the regulating state – and thus allowing whites to act as freely as they could in a mythically idealized early period of the country. This is the “again” in “Make America great again”.



Das sieht nach einer bewussten gesellschaftlichen Spaltung aus.

GS In der Tat fördert Trump bewusst eine gesellschaftliche Spaltung, die die demokratische Staatsordnung gefährden kann. Das erinnert an das Jahr 1860 ...

Was meinen Sie damit?

GS 1860 wurde Abraham Lincoln mit Stimmen nur aus dem Norden zum Präsidenten gewählt. Lincoln galt als Abolitionist, als Gegner der Sklaverei. Südstaatler fürchteten um den Fortbestand ihres auf Sklavenarbeit beruhenden Plantagensystems. Sie akzeptierten das Wahlergebnis nicht und erklärten stattdessen ihren Austritt aus der Union. Es gibt konservative Republikaner, die sich heute ähnlich über Demokratie äußern. Senator Mike Lee aus Utah etwa schreibt auf seiner Website, dass Demokratie kein Ziel an sich sei: „Democracy itself is not the goal.“

Sie haben eine Biografie über Abraham Lincoln geschrieben. Wie würde Lincoln über Donald Trump denken?

GS Lincoln wollte das Land zusammenhalten; Trump macht das Gegenteil. Er arbeitet auf eine Spaltung hin, die ihm als Herrschaftsgrundlage dienen soll. Er schürt mit Angriffen auf Einwanderer einen Konflikt zwischen weißen, protestantischen Amerikanern und Abkömmlingen späterer Einwanderungswellen. Er macht dabei auch vor der Religion nicht halt. Als er sich während der Unruhen nach dem Tod George Floyds mit einer Bibel in der Hand vor einer Kirche unweit des Weißen Hauses fotografieren ließ, unterstellte er den Protestierern damit, nicht christlich zu sein. Lincoln und Trump wären erbitterte politische Gegner.



Die Demokratische Partei war einstmals die Partei der Sklavenhalter im Süden. Die Republikanische Partei wurde mit dem Ziel gegründet, die Sklaverei abzuschaffen.

GS Dieser Wechsel ereignet sich in den 1960er-Jahren. John F. Kennedy machte sich im Wahlkampf 1960 für Bürgerrechte stark; sein Nachfolger Lyndon B. Johnson setzte dies fort. Die Demokratische Partei hatte sich bereits im New Deal um die in der Weltwirtschaftskrise verarmten Weißen gekümmert. Dies wurde nun auf die Schwarzen ausgedehnt. Prompt wechselten die weißen Südstaatler ins Lager der Republikaner und beschernten der Partei enorme Wahlerfolge. Von den sieben Präsidenten der Jahre 1969 bis 2009 waren fünf Republikaner und nur zwei Demokraten. Und diese beiden, Jimmy Carter und Bill Clinton, waren konservative Südstaatler. Diese strukturelle Mehrheit der Republikanischen Partei wurde erst durch die Wahl Barack Obamas 2008 infrage gestellt. Ihm wurde zugetraut, langfristig eine neue Koalition von Minderheitengruppen zu schmieden, die Amerikas Politik eine Ausrichtung hin zu gesellschaftlicher Inklusion und größeren Sozialprogrammen geben könnte. Das Krankenversicherungssystem „Obamacare“ ist Beleg für die Stärke dieser Vorstellung.

Aber dann kam Trump ...

GS Ich glaube, wir können Trumps Wahlerfolg 2016 nur vor dem Hintergrund der Präsidentschaft Obamas verstehen. Viele Weiße wollten eine Rückkehr zur politischen „Normalität“, und Trump hat sie nicht enttäuscht. Der Publizist Ta-Nehisi Coates nennt ihn deshalb den „ersten weißen Präsidenten“, weil er all das zunichtemachen suchte, wofür Obama stand.

Kann man das belegen?

GS Ich glaube, dass dies auf einen Großteil der politischen Maßnahmen Präsident Trumps zutrifft: Er machte Obamacare durch steuerliche Änderungen weniger attraktiv, verschärfte Einreisebestimmungen besonders zulasten von Moslems, kritisierte die Nato und ging stattdessen auf Putin zu. Er kündigte das Pariser Klimaschutzabkommen, verabschiedete sich von internationalen Freihandelsvereinbarungen wie dem Trans-Pacific Partnership Program und verhängte stattdessen Schutzzölle ... Die Liste ließe sich fortsetzen.

Warum ist die Einwanderungspolitik so wichtig für die Republikaner?

GS Das liegt an Zahl und Zusammensetzung der Immigranten. Sie stammen aus Ländern mit sozialpolitischen und kulturellen Vorstellungen, die sich von denen der USA unterscheiden. Das birgt vermeintlich die Gefahr einer Überfremdung, die die Einheit des Landes bedrohen könnte. Dieser Diskurs ist allerdings im Grunde so alt wie das Land selbst: Im späten 18. Jahrhundert beklagte Benjamin Franklin die hohe Zahl deutscher Einwanderer in Pennsylvania; im 19. Jahrhundert wurde die irische Immigration kritisiert.

Was passiert, wenn sich Trump am 5. November gegen Joe Biden durchsetzen sollte?

GS Aus der Perspektive des Frühjahrs 2024 ist ein Sieg Trumps durchaus vorstellbar. Europa sollte sich in diesem Fall auf eine wirtschafts- und sicherheitspolitische Neuorientierung Amerikas einstellen. Da wir über den Zustand der amerikanischen Demokratie sprechen, möchte ich hinzufügen, dass auch eine mögliche Niederlage Trumps Unwägbarkeiten birgt. Von einem Bürgerkrieg sind wir zwar weit entfernt, aber der Sturm auf das Kapitol am 6. Januar 2021 hat gezeigt, dass Trumps Anhänger heute ebenso wenig bereit sind, eine Wahlniederlage anzuerkennen, wie die Südstaatenaristokratie 1860/61 bereit war, einen Nordstaatler als Präsidenten zu akzeptieren.

This looks like a deliberate division of society.

Indeed, Trump deliberately fosters a societal division that can endanger the democratic constitutional order. It's almost like 1860 all over again...

What do you mean by that?

GS In 1860, Abraham Lincoln was elected president with votes only from the North. Lincoln was considered an abolitionist, an opponent of slavery. Southerners feared for the future of their plantation system based on slave labor. They did not accept the election result and instead seceded from the Union. There are conservative Republicans who express similarly critical views about democracy today. Utah Senator Mike Lee, for example, writes on his website: “Democracy itself is not the goal.”

You have written a biography about Abraham Lincoln. What would Lincoln think of Donald Trump?

GS Lincoln wanted to hold the country together; Trump does the opposite. He is working towards creating a division that would serve as a basis for his rule. He stokes conflict between white, Protestant Americans and descendants of later waves of immigrants with attacks on immigrants. He does not even stop at religion. When he had himself photographed in 2020 following the death of George Floyd with a Bible in hand in front of a church near the White House, he implied that the Black Lives Matter demonstrators (his opponents) were not Christians. Lincoln and Trump would be bitter political rivals.

The Democratic Party was once the party of slaveholders in the South. The Republican Party was founded with the goal of abolishing slavery.

GS The shift occurred in the 1960s. John F. Kennedy campaigned for civil rights in 1960; his successor Lyndon B. Johnson continued this policy. The Democratic Party had responded to the plight of impoverished whites during the New Deal. Now the focus was on Black Americans. White Southerners immediately switched to the Republican camp bringing the party enormous electoral successes. Of the seven presidents from 1969 to 2009, five were Republicans and only two were Democrats. And these two, Jimmy Carter and Bill Clinton, were conservative Southerners. This structural majority of the Republican Party was only challenged by the election of Barack Obama in 2008. He was believed to be capable of forging a long-term coalition of minority

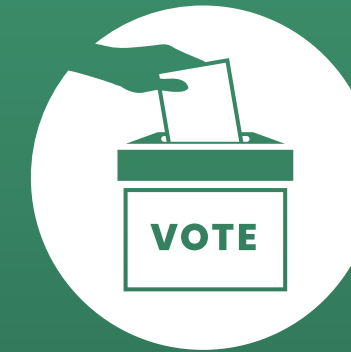
groups that could give America's politics a direction towards social inclusion and larger social programs. The healthcare reform "Obamacare" is evidence of the strength of this idea.

But then came Trump ...

GS I believe we can only understand Trump's electoral success in 2016 against the backdrop of Obama's presidency. Many whites wanted a return to political "normality", and Trump did not disappoint them. The publicist Ta-Nehisi Coates therefore calls him the "first white president" because he sought to undo everything Obama stood for.

Can you give examples?

GS Trump made Obamacare less attractive through changes in the tax code, tightened immigration regulations especially against Muslims, criticized NATO, and instead approached Putin. He announced the withdrawal from the Paris climate accord, abandoned international free trade agreements like the Trans-Pacific Partnership Program, and instead imposed protective tariffs. The list could go on.



Why is immigration policy so important to Republicans?

GS It's because of the number and composition of immigrants. They come from countries with different social and cultural values and norms. This supposedly threatens the unity of the country. However, this discourse is essentially as old as the country itself: In the late 18th century, Benjamin Franklin lamented the high number of German immigrants in Pennsylvania; in the 19th century, Irish immigration was criticized.

What happens if Trump manages to defeat Joe Biden on November 5th?

GS From the perspective of spring 2024, a Trump victory is quite conceivable. In this case, Europe should prepare for a reorientation of America's economic and security policy. Since we are talking about the state of American democracy, I would like to add that a potential defeat of Trump also carries uncertainties. Although we are far from a civil war, the storming of the Capitol on January 6, 2021, has shown that Trump's supporters are no more willing to accept an election defeat today than the Southern aristocracy in 1860/61 was willing to accept a Northerner as president.

AUSBLICK – IN DER NÄCHSTEN AUSGABE

OUTLOOK – IN THE NEXT EDITION:



PHOTO: Freepik



PHOTO: Prostock-Studio, istockphoto

Mathematik mit Fingereinsatz

Zählen und Rechnen geht leichter, wenn man die Finger zu Hilfe nimmt: Die Bildungsforscherin Stephanie Rösch untersucht in Kindergärten, inwiefern feinmotorische Fähigkeiten und die mathematische Entwicklung im frühen Kindesalter zusammenhängen und wie die Finger sinnvoll zur Vermittlung mathematischer Konzepte eingesetzt werden können.

Math with Finger Use

It's easier to count and calculate when you use your fingers: Educational psychologist Stephanie Rösch is investigating in kindergarten to what extent fine motor skills and mathematical development are linked in early childhood and how fingers can be used to teach mathematical concepts.

Lernbegleitung aus dem Netz

Nachhilfe beim digitalen Tutor: Das Tübingen Center for Digital Education und KI-Forscher entwickeln ein KI-gestütztes Tutorenprogramm, das Schülerinnen und Schüler beim Lernen unterstützen könnte und dabei möglichst menschenähnlich agiert.

Learning Support Via the Internet

Mentoring with a digital tutor: The Tübingen Center for Digital Education and AI researchers are developing an AI-based tutoring program that could support pupils in their learning while acting as human-like as possible.

IMPRESSUM | IMPRINT

attempto! ist das Magazin der Eberhard Karls Universität Tübingen

Herausgeberin Professorin Dr. Karla Pollmann
Redaktion Antje Karbe (verantwortlich)
Übersetzung Daniel McCosh
Titelfoto SmileLikeUMeanIt, istockphoto
Layoutkonzeption In Medias Rees Werbeagentur
Redesign & Satz Daniela Leitner, Design trifft Wissenschaft
Lektorat Korrekturbüro Burger, www.korrekturburger.de
Druck W. Kohlhammer Druckerei GmbH + Co. KG

Auflage 6.000 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.



WE ARE HIRING

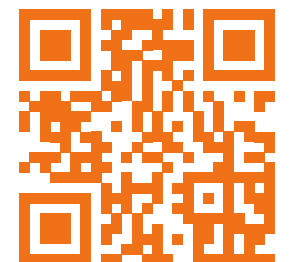


Gemeinsam. Fortschritt. Gestalten.

Wir sind auf der Suche nach engagierten, zukunftsorientierten und flexiblen Mitarbeitenden, die sich bei uns einbringen und mit uns wachsen möchten.

Auf unserer Karriereseite <https://career.curevac.com> findest Du vielfältige Jobangebote.

Come and join the team!



EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

