

ATTEMPT 0!

Ausgabe Issue → 58 | 2023
Forschungsmagazin der
Universität Tübingen
University of Tübingen magazine

**Wie die Digitalisierung
unsere Erinnerungs-
kultur verändert**

**How Digitalization Is
Changing Our Culture
of Remembrance**

**Die Chemie der
Mumifizierung:
So arbeiteten
die alten Ägypter**

**The Chemistry of
Mummification:
Work Methods in
Ancient Egypt**

**Unser Mikrobiom:
Die unbekanntesten
Wesen in uns**

**Our Microbiome:
The Unknown
Organisms Inside Us**



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. Wohngelegenheiten 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



PHOTO: Valentin Marquardt/Universität Tübingen

Liebe Leserin, lieber Leser,

in Zeiten wie diesen ist es wichtig, sich immer wieder zu erinnern, was uns hoffnungsvoll in die Zukunft blicken lässt. Dazu gehört für mich auch, dass die Wissenschaft stetig an Lösungen für aktuelle Herausforderungen arbeitet, vor denen unsere Gesellschaft steht.

So leiten in den Geowissenschaften Kira Rehfeld und Matthias May das Verbundprojekt NETPEC: Mit Kolleginnen und Kollegen deutschlandweit untersuchen sie Technologien, die der Atmosphäre CO₂ entziehen – ein wichtiger Schritt zur Bewältigung des Klimawandels. Die Biologin Lisa Maier erforscht unser Mikrobiom und will dazu beitragen, neue und wirksame Antibiotika zu entwickeln. Und die Tübinger Ausgründung BAUTA hat sich eine „menschengerechte Künstliche Intelligenz“ auf die Fahnen geschrieben: Das Unternehmen arbeitet an Blindsensoren, mit denen Kameras zwar Daten erfassen, dabei aber unsere Privatsphäre wahren.

Zuversicht und viel Vergnügen mit dieser Ausgabe wünscht

Dear reader,

In times like these, it is important to always remind ourselves of things that promise a brighter future. For me, this also means that science is constantly working on solutions to the challenges facing our society.

This is how Kira Rehfeld and Matthias May are managing the collaborative research project NETPEC in the geosciences: Together with colleagues throughout Germany, they are investigating technologies that remove CO₂ from the atmosphere – an important step towards coping with climate change. Biologist Lisa Maier is researching our microbiome and wants to help develop new and effective antibiotics. University of Tübingen spin-off BAUTA is committed to privacy-friendly artificial intelligence: The company is working on blind sensors that allow cameras to capture data while maintaining our privacy.

We hope that you find this issue enjoyable and reassuring,

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 Werkstatt für die Ewigkeit
Preparing for Eternity

16 Die unbekanntenen Wesen in uns
The Inside Story on Microorganisms

24 Digitales Gedenken
Digital Remembrance

30 Künstliche Photosynthese schützt Klima
Artificial Photosynthesis Protects the Climate

38 Virtuelle Maske für den Datenschutz
Virtual Masks for Data Privacy

DREI FRAGEN ZU ... | THREE QUESTIONS ON ...

44 ... Fachkräftemangel und Arbeitsmigration
... Shortage of Skilled Workers and Labor Migration

46 Ausblick | Impressum
Outlook | Imprint



06 Werkstatt für die Ewigkeit
Preparing for Eternity

Die alten Ägypter waren Meister der Mumifizierung: Funde aus einer Balsamierungswerkstatt enthüllen nun, wie sie dabei vorgehen.

The ancient Egyptians were masters of mummification: Finds of an embalming workshop now reveal how they worked.

PHOTO: Valentin Marquardt

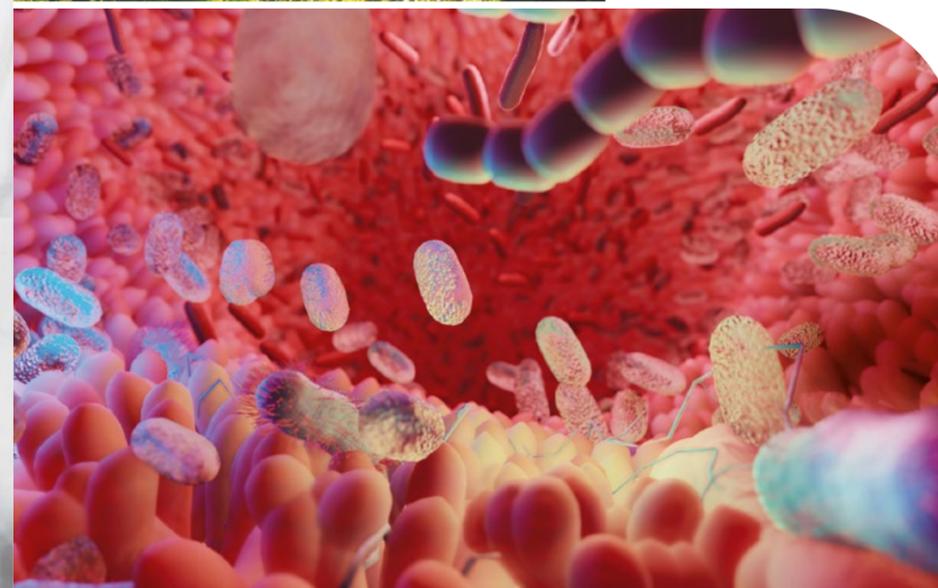


30 Künstliche Photosynthese schützt das Klima
Artificial Photosynthesis Protects the Climate

Beitrag zum Klimaschutz: Tübinger Forschende arbeiten an Technologien, mit denen sich der Atmosphäre CO₂ entziehen lässt.

Protecting the climate: Tübingen researchers are working on technologies that can be used to remove CO₂ from the atmosphere.

PHOTO: Jan Huber, unsplash

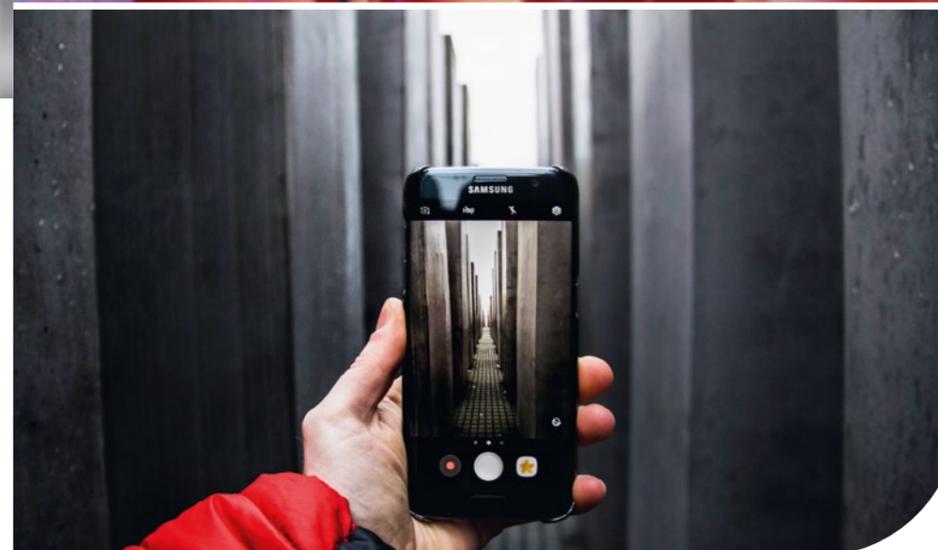


16 Die unbekanntenen Wesen in uns
The Inside Story on Microorganisms

Lisa Maier erforscht anhand unseres Darms, welche Bakterien uns gesund halten – und welche Medikamente sie daran hindern.

Lisa Maier explores our intestines to investigate which bacteria keep us healthy – and which drugs prevent them from protecting us.

PHOTO: Leon Kokkiliadis



24 Digitales Gedenken
Digital Remembrance

Soziale Medien und Künstliche Intelligenz prägen unsere Erinnerungskultur und verändern auch das Gedenken an den Holocaust.

Social Media and artificial intelligence are affecting the culture of remembrance and also change the remembrance of the Holocaust.

PHOTO: Davidson Videography, pexels

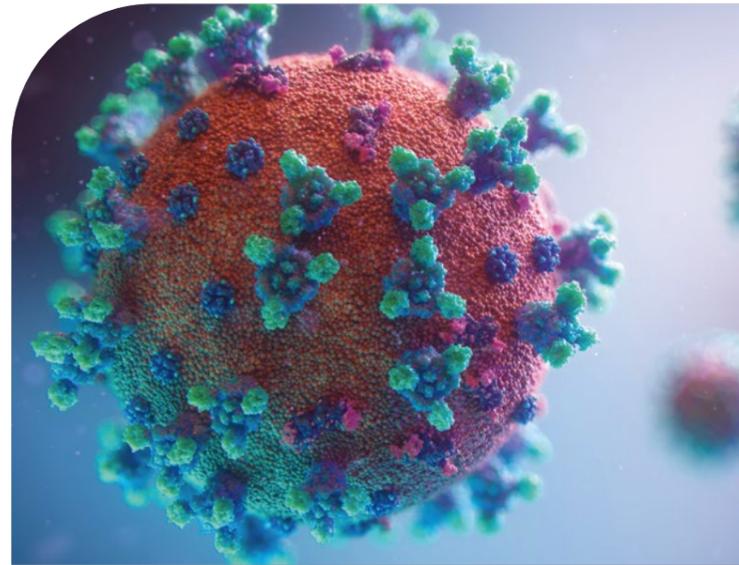
KURZMELDUNGEN

RESEARCH NEWS IN BRIEF



Jungen werden häufiger als hochbegabt eingeschätzt als Mädchen.
Boys are more often identified as highly gifted than girls.

PHOTO: skynesher, Getty Images



Computer-Modellierungen von Virusinfektionen finden potenzielle Angriffspunkte für Medikamente.
Computer modeling of viral infections detects potential drug targets.

PHOTO: Fusion Medical Animation, unsplash



Ein neu entwickeltes KI-Netzwerk berechnet Planetenkollisionen 10.000-mal schneller als Simulationen.
A new machine learning model calculates planetary collisions 10,000 times faster than simulations.

PHOTO: Pete Draper, Getty Images/iStockphoto



Veränderungen im Ökosystem einer Insel beeinflussen das Verhalten der Riffbarsche.
Changes in an island's ecosystem affect damselfish behavior.

PHOTO: Rachel Gunn

Wann Lehrkräfte Hochbegabung vermuten

How Teachers Recognize Gifted Students

1 Lehrkräfte vermuten bei Jungen mit eineinhalbmal höherer Wahrscheinlichkeit eine Hochbegabung als bei ebenso begabten Mädchen. Außerdem werden Kinder aus Familien mit hohem Bildungsstand eher als hochbegabt eingeschätzt. Zu diesem Schluss kommt ein Team der Universitäten Tübingen, Maastricht und Jena: In einer Langzeitstudie aus den Niederlanden hatten die Forscherinnen und Forscher Daten von rund 27.000 Schülerinnen und Schülern am Ende der Grundschulzeit ausgewertet und ihre rund 1.300 Lehrkräfte befragt. Eher als hochbegabt eingeschätzt wurden Kinder, die ein höheres Niveau an allgemeinen kognitiven Fähigkeiten aufwiesen, bessere schulische Leistungen hatten und weniger sozial interessiert waren. Mit Letzterem scheine sich hartnäckig ein Stereotyp zu halten, so die Tübinger Bildungsforscherin Jessika Golle. Insgesamt müssten Lehrkräfte für mögliche Vorurteile sensibilisiert werden, damit eine systematische Benachteiligung vermieden werden könne.

Teachers are one-and-a-half times more likely to identify highly gifted boys than girls who are equally talented. Children from families with a high level of education are also more likely to be considered highly gifted. Researchers from the Universities of Tübingen, Maastricht and Jena analyzed data from a long-term study in the Netherlands including around 27,000 pupils at the end of primary school and their 1,300 teachers. They found that children who had a higher level of general cognitive ability, a better academic performance and were less socially interested were more likely to be rated as highly gifted. Educational researcher Jessika Golle from the University of Tübingen says that this stereotype seems particularly entrenched. Teachers must be made aware of potential prejudices to avoid systematic discrimination.

Neue Medikamente im PC testen

Testing New Drugs With Computers

2 Wirksame Medikamente gegen virale Erkrankungen wie COVID-19 werden weiterhin dringend benötigt. Die Bioinformatiker Andreas Dräger und Nantia Leonidou haben ein computerbasiertes Verfahren entwickelt, das die zeitaufwendige Identifizierung und Entwicklung antiviraler Wirkstoffe beschleunigen kann. Mit einer neuen Analysetechnik, die sich auf beliebige Viren und Wirtszellen übertragen lässt, konnten sie im Team ein Modell erstellen und damit weitere Angriffspunkte für SARS-CoV-2 aufspüren. Bereits 2021 hatte die Arbeitsgruppe im Modell ein menschliches Enzym – die Guanylatkinase 1 – identifiziert, das für die Virusvermehrung unabdingbar ist und ausgeschaltet werden kann, ohne die Zelle zu schädigen. Durch ihre verbesserte Methode kann die Virusinfektion nun in vielen verschiedenen Gewebearten modelliert werden. Erste Hemmstoffe für ihre gefundenen Enzyme sollen in Tiermodellen auf Sicherheit, Toxizität und Wirksamkeit getestet werden.

Effective drugs against viral diseases such as COVID-19 continue to be urgently needed. The bioinformaticians Andreas Dräger and Nantia Leonidou have developed a computer-based method for accelerating the time-consuming identification and development of antiviral agents. With a new analysis technique that can be applied to any viruses and host cells, they created a model for finding further attack points for SARS-CoV-2. As early as 2021, the working group identified a human enzyme in the model – guanylate kinase 1 – which is indispensable for virus replication and can be deactivated without damaging the cell. Thanks to the improved method viral infection can be modeled in many different tissue types. The first inhibitors for their target enzyme will be tested in animal models for safety, toxicity and efficacy.

KI berechnet Planetenkollision

AI Calculates Planetary Collisions

3 Astrophysiker und Experten für maschinelles Lernen haben ein künstliches neuronales Netzwerk entwickelt, mit dem sich Planetenkollisionen und ihre Folgen detailliert vorhersagen lassen. Bei der Geburt von Planeten kommt es gelegentlich zu gewaltigen Zusammenstößen, die sich auf ihre Größe und Zusammensetzung auswirken oder gar Entwicklungen in ihrem Sternsystem beeinflussen. Aus Fragmenten können zudem völlig neue Welten wie Monde oder Asteroide hervorgehen. Mit der Modellierung solcher Kollisionen lasse sich besser nachvollziehen, wie Planetensysteme entstehen und sich im Lauf der Zeit verändern, so die Tübinger Astrophysiker Philip Winter und Christoph Schäfer. Mit Forschenden der Universitäten Linz und Wien entwickelten sie deshalb ein Modell, das 10.000-mal schneller Vorhersagen treffen kann als eine rechenintensive Simulation. Dies eröffne beispielsweise die Möglichkeit, Tausende von Kollisionen in Studien zur Planetenentstehung und -entwicklung parallel zu verarbeiten, so die Forscher.

Astrophysicists and machine learning scientists have developed a machine learning model that can be used to predict planetary collisions and their consequences in detail. When planets are formed, there are occasional violent collisions that affect the size and composition of the remaining objects, or even affect developments in their star system. Fragments can also give rise to completely new worlds such as moons or asteroids. By modeling such collisions, it is possible to better understand how planetary systems form and change over time, say Tübingen astrophysicists Philip Winter and Christoph Schäfer. Together with researchers from the universities of Linz and Vienna, they developed a model that can make predictions 10,000 times faster than computationally intensive simulations. The researchers argue that their model can be used to process thousands of collisions in planet formation and planet development studies.

Ratten verändern das Verhalten von Fischen

Rats Transform Fish Behaviour

4 Ein Forschungsteam hat erstmals bewiesen, dass invasive Ratten auf tropischen Inseln das Territorialverhalten von Fischen in Korallenriffen verändern. Die Studie unter Leitung der Universität Lancaster zeigt, dass schwarze Ratten, die im 17. Jahrhundert per Schiff auf Inseln im Indischen Ozean eingeschleppt wurden, einen Nährstoffkreislauf beeinträchtigen: Seevögel hinterlassen beim Nisten mit ihrem Kot Nährstoffe auf den Inseln, die ins Meer gespült werden und die Korallenriffe düngen. Nachdem Ratten die Vogelpopulation stark dezimierten, gelangte weniger Stickstoff in die Korallenriffe, der Nährstoffgehalt der Algen sank für Fische und diese änderten ihr Territorialverhalten: Die Riffbarsche müssten ihre Reviere ausweiten und verteidigten diese weniger aggressiv als üblich, so die Tübinger Biologin Rachel Gunn. „Das könnte weitreichende Folgen für die Zusammensetzung von Korallenriff-Gemeinschaften haben und über Generationen hinweg die Widerstandsfähigkeit von Riffbarschen gegen Umweltveränderungen beeinflussen.“

Researcher have proven for the first time that invasive rats on tropical islands transform the territorial behaviour of fish in coral reefs. The study, led by Lancaster University, shows that black rats, which arrived on ships at islands in the Indian Ocean in the 17th century, disrupt a nutrient cycle: Seabirds deposit nutrients on the islands through their droppings when nesting, which are washed into the sea, fertilising the coral reefs. After rats decimated the bird population, less nitrogen reached the coral reefs, the nutrient content of the algae decreased for fish and they changed their territorial behaviour: The damselfish had to expand their territories and defended them less aggressively than usual, says biologist Rachel Gunn from Tübingen. "This could have far-reaching implications for the composition of coral reef communities and over generations influence the resilience of damselfish to further environmental changes."

WERKSTATT FÜR DIE EWIGKEIT

PREPARING FOR ETERNITY

TEXT Daniel Völpel

In einem aufwendigen Verfahren sicherten die alten Ägypter vor 2.500 Jahren die Körper Verstorbener für die Ewigkeit: Mit Analysen aus einer Balsamierungswerkstatt zeigt ein Tübinger Team, wie die Meister der Mumifizierung vorgingen.

In elaborate procedures, Ancient Egyptians preserved the bodies of their deceased for eternity 2,500 years ago: Learning from the finds of an embalming workshop, a team from Tübingen is showing how the masters in mummification worked.

13 m Schacht
Shaft

Balsamierungswerkstatt
Embalming workshop

Grabkammern
Burial chambers

30 m Schacht
Shaft

Die Werkstatt zur Einbalsamierung der Toten befand sich 13 Meter unter der Oberfläche, die Grabkammern in 30 Metern Tiefe. Über einen Schacht gelangten die Arbeiter dorthin.
The workshop for embalming the dead was located 13 meters below the surface, the burial chambers at 30 meters deep. The workers entered via a shaft.

GRAPHIC: M. Lang, Universität Bonn

DE

Der Körper musste unter allen Umständen intakt bleiben, auch nach dem Tod. Nur so lebten die Seelen Verstorbener im Jenseits weiter, waren die alten Ägypter überzeugt.

Und sie betrieben großen Aufwand, um dies sicherzustellen. Südlich von Kairo zeugen die Pyramiden der Totenstadt Sakkara noch heute von den ausgedehnten Grabanlagen und Bestattungszeremonien der Antike.

Der spannende Teil liegt jedoch unter der Steinwüste. Vor 125 Jahren legten Archäologen hier erstmals unterirdische Kammern frei. Seitdem haben viele Grabungen prachtvolle Sarkophage, Grabbeigaben und Wandinschriften zutage gefördert.

Auch Tübinger Wissenschaftler arbeiten in einer deutsch-ägyptischen Kooperation seit vielen Jahren auf der Grabungsstätte. Unter anderem stießen sie unter der Leitung des Ägyptologen Ramadan Badry Hussein auf einen 30 Meter tiefen Schacht, der Mumien, Gefäße und eine seltene vergoldete Silbermaske barg.

2016 fanden sie zudem in knapp 13 Metern Tiefe einen Raum, der sich als Werkstatt der Antike entpuppte. Stück für Stück trugen die Archäologinnen und Archäologen den Schutt ab, der den Raum füllte. Als sie Original-Gefäße bargen, war klar: Hier arbeiteten Handwerker an der Mumifizierung Verstorbener – eine Sensation!

Balsamierungsgefäße mit Inschriften

„In dem unterirdischen Raum haben wahrscheinlich einzelne Schritte der Einbalsamierung stattgefunden“, beschreibt Ägyptologin Susanne Beck den Fundort. Sie übernahm am Institut für die Kulturen des Alten Orients der Universität Tübingen nach dem unerwarteten Tod Ramadan Husseins im März 2022 die Grabungsleitung. Zudem gebe es eine oberirdische Ziegelstruktur mit Rampe, „dort fand vermutlich der andere Teil der Arbeiten statt“, sagt Beck. Darauf deuteten auch frühe bildliche Darstellungen hin.

In der unterirdischen Kammer stieß die Gruppe auf eine erhöhte Arbeitsfläche mit Drainage-Kanälen. Vermutlich verrichteten die Handwerker dort einst Tätigkeiten, bei denen Flüssigkeiten abliefen. In einem umgedreht eingemauerten Tontopf wurde wahrscheinlich Räucherwerk verbrannt. In der Nordwestecke des Raums fand man Dutzende Gefäße und viele Scherben.

Wie eine Art Puzzle setzten die Fachleute diese wieder zusammen. Etwa 120 verschiedene Behältnisse ließen sich bis jetzt identifizieren, darunter unterschiedlich große „weiße Becher“ aus hellem Ton und „rote Goldfischgläser“ aus dunklerer Keramik, wie Beck sagt. Letztere erhielten ihren Namen wegen ihrer bauchigen Form. „Das Interessante aber sind die hieratischen Inschriften der Gefäße, eine Schreibschriftvariante der Hieroglyphen. Aus



01

ihnen lässt sich ablesen, wofür die Gefäßinhalte genutzt wurden“, erklärt Susanne Beck. Als Sprachexpertin ist sie auf die hieratische Schrift spezialisiert. Allerdings waren die Mengenangaben auf den Gefäßen in protodemotischen Zahlen geschrieben. Damit passen die Beschriftungen zur Datierung der Grabanlage auf die ausgehende 26. Dynastie (ca. 664–525 v. Chr.). Am Übergang zur 27. Dynastie (525–404 v. Chr.) kam die demotische Schrift als Weiterentwicklung der hieratischen Schrift auf.

„Am 3. Tag zu benutzen“

„Macht die Haut schön“, „Zum Waschen“ oder „Am dritten Tag der Mumifizierung zu benutzen“ war auf den Gefäßen vermerkt – einige enthielten sogar Anleitungen, wie einzelne Mischungen herzustellen sind. „Ein einmaliger Fund“, sagt auch Maxime Rageot vom Tübinger Institut für Ur- und Frühgeschichte. Der Archäochemiker war für den nächsten Schritt zuständig: Er untersuchte die Keramiken auf Überreste der damaligen Inhalte.

”
Aus den Hieroglyphen auf den Gefäßen lässt sich ablesen, wofür die Inhalte genutzt wurden.

From the hieroglyphics on the vessels, we can read what the contents were used for.

“

EN

The body had to remain intact under all circumstances, even after death. Ancient Egyptians were convinced that the souls of the deceased could only live on in the afterlife in this way. In the south of Cairo, the pyramids of the Saqqara, City of the Dead, still bear witness to the extensive burial grounds and funeral ceremonies of ancient times.

The exciting part, however, lies beneath the rocky desert. Archaeologists first uncovered underground chambers here 125 years ago. Since then, many excavations have unearthed magnificent sarcophagi, grave offerings and wall inscriptions.

Scientists from the University of Tübingen have also been working on the excavation site in a German-Egyptian partnership for many years. Under the direction of the Egyptologist Ramadan Badry Hussein, they have made important discoveries including a 30 meter deep shaft that contained mummies, vessels and a rare gold-plated silver mask. In 2016, they also found a room at a depth of almost 13 meters, which turned out to be an ancient embalming workshop.

Embalming vessels with inscriptions

“We believe that the underground space was used for individual steps in the embalming process,” says Egyptologist Susanne Beck. After Ramadan Hussein died unexpectedly in March 2022, she took over the excavation management at the Institute for Ancient Near Eastern Studies at the University of Tübingen. Above ground there is a brick structure with a ramp, which is “probably where the other part of the work took place,” says Beck. This is supported by early pictorial representations.

In the underground chamber, the group discovered an elevated work surface with drainage channels. Presumably, the embalmers carried out activities there in which liquids needed to

02



flow away. Incense was probably burned in an inverted clay vessel immured into the wall. In the northwest corner of the room, archaeologists found dozens of vessels and many shards.

Like a kind of puzzle, the experts pieced them back together. About 120 different vessels have been identified so far, including “white cups” made of light clay in different sizes and “red goldfish bowls” made of darker ceramics and named for their bulbous shape. Particularly noteworthy are the hieratic inscriptions on the vessels, a variant of hieroglyphics. “They show what the contents of the vessel were used for,” explains Beck, who specializes in hieratic writing. However, the quantities on the vessels were written in protodemotic numbers. As such, the inscriptions

date the burial site to the late 26th dynasty (about 664–525 BC). At the transition to the 27th dynasty (525–404 BC), the demotic script emerged as a further development of the hieratic script.

“To be used on the third day”

“Beautifies the skin”, “For washing” or “To use on the third day of mummification” was noted on the vessels – and some inscriptions even included instructions on how to make specific mixtures. “A unique find,” says Maxime Rageot from the Institute of Prehistory, Early History and Medieval Archaeology at the University of Tübingen. As an archaeochemist, he examined the ceramics for remnants of their ancient contents.

These were no longer visible after more than 2,500 years, but Rageot still found them. “Ceramic is a porous material which organic substances penetrate,” he explains. As it is illegal to export archaeological finds from Egypt, the team set up a laboratory at the site. With the

01 Anweisung auf einem Gefäß: „Um den Geruch angenehm zu machen.“
Vessel inscription: “To make the smell pleasant.”

01 Die Tontöpfe enthielten unter anderem Öl, Harze, tierische Fette oder Bienenwachs.
The clay pots contained oil, resins, animal fats or beeswax.

PHOTOS: Saqqara Saite Tombs Project, Universität Tübingen

Diese waren nach mehr als 2.500 Jahren nicht mehr sichtbar, Rageot machte sie dennoch auffindig. „Keramik ist ein poröses Material, in das organische Substanzen eindringen.“ Weil Ägypten verbietet, archäologische Funde auszuführen, richtete das Team ein Labor vor Ort ein. Gemeinsam mit Kollegen entwickelte Rageot im Chemie-Institut des Nationalen Forschungszentrums Kairo eine eigene Analyseverfahren: Mit einem feinen Schleifer trug er eine dünne Schicht der Keramik ab, um jüngere Spuren auszuschließen, die eventuell bei der Ausgrabung auf die Oberfläche gelangt waren.

Vom darunter liegenden Material entnahm er ein bis zwei Gramm Keramikpulver und behandelte es mit Lösungsmitteln, um organische Substanzen herauszulösen. „Diese lassen sich mit einem Gaschromatografie-Massenspektrometer einzeln bestimmen.“ Das Analysegerät liefert eine Übersicht der Moleküle, die eine Probe enthält. „Substanzen haben spezifische Molekularmarker, anhand derer wir sie identifizieren können: ein Harz, ein Öl, Teer oder Ähnliches“, so Rageot.

Nicht alle Zutaten sind nach so langer Zeit noch nachzuweisen – doch die Voraussetzungen entlang des Nils waren günstig. „In Ägypten ist es trocken und warm, dadurch können sich die meisten Moleküle erhalten, zum Beispiel Zucker. Das ist in anderen Weltgegenden nicht möglich“, sagt Rageot. Dies gelte insbesondere für Duftstoffe wie Zedern- und Wacholderöl, die an anderer Stelle oft längst verdunstet seien.

Unbekannte Mischung erstmals identifiziert

Dank der Funde gelang es, eine Leerstelle der Ägyptologie zu füllen: Mehrere Gefäße trugen die Aufschrift „antiu“. Der Begriff war aus vielen Quellen bekannt, nicht aber seine exakte Bedeutung. „Man versteht darunter eine Art Räucherwerk“, sagt Beck. „Was das genau ist, wird in der Forschung heftig diskutiert. Vielfach wurde es mit Myrrhe identifiziert, die aber in Ägypten nicht heimisch ist.“

Erstmals konnte Rageot chemische Rückstände hierfür analysieren. „Wir haben bei ‚antiu‘ immer genau die gleiche Mischung gefunden“, berichtet er. „Zedernöl, Wacholder-/Zypressenöl und ein tierisches Fett, meist von Wiederkäuern wie Rindern. Es riecht intensiv.“

„Damit können wir zumindest für diese Epoche der ausgehenden 26. Dynastie sagen, dass ‚antiu‘ nicht Myrrhe bezeichnet, sondern diese spezielle Mischung“, stellt Beck fest. Mit dieser neuen Erkenntnis lassen sich auch bekannte Texte zu altägyptischen Ritualen der Balsamierung genauer interpretieren. Unklar ist noch, in welchem Verhältnis die Substanzen gemischt wurden. Durch Nachmischen will Rageot dies in Versuchen herausfinden. „Das gleichen wir dann mit den archäologischen Befunden ab.“

Aus den Inschriften war zudem zu erfahren, welche Substanzen die Ägypter für einzelne Körperteile verwendeten, Pistazienharz und Rizinusöl etwa nur für den Kopf. „Wir hatten zum Beispiel acht unterschiedliche Gefäße mit der Aufschrift ‚Für den Kopf‘“, schildert Rageot. „Sie ent-



03

03 Maxime Rageot und Qui Zeng stellen im Labor das Verfahren nach: Von den Keramikgefäßen wird vorsichtig eine feine Schicht abgetragen.
Maxime Rageot and Qui Zeng follow the procedure in the laboratory: A fine layer is carefully removed from the ceramic vessels.

PHOTO: Valentin Marquardt

”
In Ägypten ist es trocken und warm, Moleküle von Duftstoffen wie Zedern- und Wacholderöl bleiben erhalten. In anderen Weltgegenden sind sie längst verdunstet.

In Egypt, it is dry and warm, molecules of fragrances like cedar and juniper oil are preserved. In other parts of the world, they have often volatilized.

“



04

hielten nicht genau das Gleiche – in manchen befanden sich weniger Substanzen, in anderen zusätzliche. Ich vermute, dass man erst einige Zutaten mischte und in einem weiteren Gefäß dann neue Substanzen hinzufügte: So fand sich im ersten Becher nur tierisches Fett, im nächsten kam das Harz Elemi dazu, in einem dritten Zypressen- oder Wacholderöl.“

Schon damals global gehandelt

Und es gibt noch eine spannende Erkenntnis – der Nachweis von Elemi, dem Harz des Canarium-Baums, gab hier den Ausschlag: Die Ägypter bezogen schon damals Waren vom anderen Ende der Welt. „Die meisten Substanzen kommen nicht aus Ägypten, abgesehen von tierischem Fett, Bienenwachs und Rizinusöl“, sagt Rageot.

Bereits bekannt war, dass man Zutaten aus dem Mittelmeerraum importierte: Zedern und Wacholder etwa, aber auch Pistazienharz und Bitumen. Letzteres kommt zwar in Ägypten vor, aber die chemische Signatur dieser Substanz verrät, dass sie vom Toten Meer stammte, wie Rageot erzählt. „Viele andere Substanzen kamen vermutlich aus der Levante, den Ländern östlich des Mittelmeeres, mit denen Handelsbeziehungen bestanden.“

Noch weiter reisten Elemi und ein Harz namens Dammar: „Canarium-Bäume wachsen nur in tropischen Regenwäldern Zentralafrikas oder Südostasiens, die Bäume für Dammar sogar ausschließlich in Südostasien“, erklärt der Archäochemiker. Die Ägypter hätten also schon global gehandelt. „Nie zuvor gab es Beweise, dass biologische Produkte zu dieser Zeit von so weit her importiert wurden.“ Auf welchem Wege die Harze nach Ägypten gelangten, bleibt noch zu klären.



04 Das Pulver wird mit Lösungsmitteln behandelt, um die organischen Substanzen herauszulösen.

The powder is treated with solvents to extract the organic substances.

05 Jeremy Perez bereitet die Analyse im Gaschromatografie-Massenspektrometer vor: Dabei werden alle vorhandenen Moleküle in der Probe analysiert.

Jeremy Perez prepares the analysis in the gas chromatography mass spectrometer: All the molecules present in the sample are analyzed.

06 Aus dem Ergebnis lässt sich ablesen, welche Zutaten die Gefäße damals enthielten.

The result shows which ingredients the vessels contained at the time.

PHOTOS: Valentin Marquardt



05

”
Canarium-Bäume für das Harz Elemi wachsen nur in tropischen Regenwäldern Zentralafrikas oder Südostasiens, die Bäume für Dammar sogar ausschließlich in Südostasien.

Canarium trees for the resin Elemi only grow in tropical rainforests in Central Africa or Southeast Asia, and the trees for Dammar grow exclusively in Southeast Asia.

“

raphy mass spectrometer, we can determine specific molecular markers which can be of individual substances like resins, oils, tars or similar,” says Rageot.

Not all ingredients can be detected after such a long time – but the conditions along the Nile were favorable. “In Egypt, it is dry and warm, which means that most molecules, for example sugar, can be preserved. This is not possible in other parts of the world,” says Rageot. This applies to fragrances such as cedar and juniper/cypress oil, which have often volatilized elsewhere.

Unknown mixture identified

Thanks to the findings, it was possible to unravel a mystery previously unsolved in Egyptology: Several vessels bore the inscription antiu. “What this substance exactly is, has been heavily debated in research, but it is a form of incense. Previously, it was identified as myrrh, which is not native to Egypt.”

Rageot was able to analyze chemical residues. “We found exactly the same mixture each time for antiu,” he reports. “Cedar oil, juniper/cypress oil and an animal fat, mostly from ruminants such as cattle adipose fat or dairy. The smell properties had to be intense.”

“This allows us to say, at least for this epoch of the late 26th dynasty, that antiu does not refer to myrrh, but to this special mixture,” says Beck. With this new insight, even well-known texts on ancient Egyptian rituals of embalming can be interpreted more accurately. It is still unclear to what extent the substances were mixed. Rageot wants to find out by preparing the mixture in experiments and comparing their findings.



06



07

Weitere Gefäße warten auf eine Analyse. „Wir haben uns darauf fokussiert, Proben von Behältern zu nehmen, die gleiche Aufschriften tragen, damit man die Substanzen vergleichen kann. Andere wurden untersucht, weil die Aufschrift besonders interessant oder vielversprechend war“, schildert Beck. „Beispielsweise ‚Um den Geruch angenehm zu machen:‘“

Noch immer werden die Funde des Grabungsprojekts seit 2016 dokumentiert und publiziert. Dafür sucht die Grabungsleiterin Fachleute verschiedenster Bereiche: für Analysen der Särge, der botanischen Funde und Insekten, zur Untersuchung der menschlichen Überreste sowie zur Datierung der Uschebti, kleine Dienerfiguren, die Toten mitgegeben wurden. Nach und nach werden die Ergebnisse veröffentlicht, Beck rechnet mit mehreren Büchern. In Sakkara gräbt das Team parallel dazu bis heute weiter. Denn trotz der neuen Erkenntnisse bergen die Pyramiden und ihre Mumien noch viele Rätsel, die es zu lösen gilt.

→ **Im „Saqqara Saite Tombs Project“** arbeiten die Universität Tübingen und das Nationale Forschungszentrum Kairo (Mohamed Ibrahim, Mahmoud Bahgat) eng zusammen. Es wird seit 2016 durch DFG-Mittel finanziert und brachte bereits einmalige Funde zutage, darunter eine von weltweit drei Silbermasken und eine 2.500 Jahre alte Balsamierungswerkstatt mit Originalgefäßen.

→ **Die Analyse** der organischen Rückstände in den Balsamierungsgefäßen wurde durch das ERC-Projekt „Transformations of Food in the Eastern Mediterranean Late Bronze Age (Food-Transforms)“ der LMU München finanziert.

→ **In the Saqqara Saite Tombs Project**, the University of Tübingen and the National Research Center Cairo (Mohamed Ibrahim, Mahmoud Bahgat) work closely together. It has been funded by the German Research Foundation (DFG) since 2016 and has already unearthed unique finds, including one of three silver masks worldwide and a 2,500-year-old embalming workshop with original vessels.

→ **The analysis** of the organic residues in the embalming vessels was financed by the ERC project “Transformations of Food in the Eastern Mediterranean Late Bronze Age (Food-Transforms)” at LMU Munich.

The inscriptions also showed which substances the Egyptians used for individual body parts – pistachio resin and castor oil for example was used only for the head. “We had eight different vessels with the inscription ‘For the head,’” says Rageot. “They didn’t always contain the same thing – in some there were fewer substances. I suspect that some ingredients were first mixed in one vessel and then substances were added in another vessel: In the first cup there was only animal fat, in the next came additionally the resin Elemi, in the third cup cypress or juniper oil.”

Signs of early global trade

Traces of Elemi, the resin of the *Canarium* tree, are decisive proof that the Egyptians already purchased goods from the other end of the world in ancient times. “Most substances do not come from Egypt, except for animal fat, beeswax and castor oil,” says Rageot.

It was already known that ingredients were imported from the Mediterranean: cedars and juniper but also pistachio resin and bitumen. The latter occurs in Egypt, but its chemical signature reveals that it came from the Dead Sea. “Many other substances presumably came from the Levant, the countries east of the Mediterranean, with which trade relations existed,” explains Rageot

Elemi and a resin called Dammar came to Egypt from even further away: “*Canarium* trees only grow in tropical rainforests in Central Africa or Southeast Asia, and the trees for Dammar grow exclusively in Southeast Asia,” says Rageot. This

proves that the Egyptians were involved in global trade. “Never before has there been evidence that organic products were imported from so far away at that time.

How the resins arrived in Egypt is still to be clarified,” says Beck. Further vessels are still awaiting analysis.

The findings of the entire excavation project have been documented and published since 2016. Currently, the excavation director is looking for experts from a wide variety of fields: for the analyses of the coffins, the botanical finds and insects, for investigating human remains and for dating the Uschebti, small funerary figurines that were given to the dead. Findings are being published gradually and Beck is planning several books. In Saqqara, the partner team are still working on excavations at the site. Despite the latest findings, the pyramids and their mummies still contain many mysteries that need to be solved.

07 Unter seiner Leitung wurde die Balsamierungswerkstatt geborgen: der Ägyptologe Ramadan Badry Hussein in Sakkara.

Egyptologist Ramadan Badry Hussein in Sakkara: He led the recovery of the embalming workshop.

08 Die Gefäße aus der Werkstatt wurden Stück für Stück wieder zusammengesetzt.

The vessels from the workshop were reassembled piece by piece.

09 Dr. Maxime Rageot

10 Dr. Susanne Beck

PHOTOS: Saqqara Saite Tombs Project, Universität Tübingen



08

09



10

Rush-Hour in unserem Darm:
Bakterien helfen bei der Verdauung,
produzieren Vitamin K und
schützen uns vor Krankheiten.

Rush hour in our gut: Bacteria
help with digestion, produce vitamin K
and protect us from diseases.

GRAPHIC: Leon Kokkiliadis

DIE UNBEKANNTEN WESEN IN UNS

THE INSIDE STORY ON MICROORGANISMS

TEXT & PHOTOS Tilman Wörtz

Lisa Maier erforscht, welche Bakterien uns gesund halten – und welche Medikamente sie daran hindern. In ihrem Labor bekommt sie ganz neue Einblicke in das Innenleben unseres Darms.

Lisa Maier is investigating which bacteria keep us healthy – and which drugs prevent them from protecting us. In her laboratory, she finds new insights into the inner workings of our intestines.

Der Mensch schleppt genauso viele Zellen von Mikroben mit sich herum wie eigene humane: in Dünn- und Dickdarm, in der Nase und Lunge und über die Haut verteilt. Man wundert sich fast, dass wir bei diesem Zellen-Verhältnis nicht selbst ein bisschen aussehen wie eine Mikrobe.

Auf 1,5 Kilogramm kalkulieren Forscher das Gesamtgewicht des menschlichen „Mikrobioms“, also der Gesamtheit der Mikroorganismen in einem bestimmten Lebensraum. Die Zellen von Mikroben sind allerdings deutlich kleiner und simpler als unsere menschlichen, deshalb wiegen sie weniger.

Generationen von Medizinern und Physiologen haben den Aufbau und die Funktionsweise humaner Zellen erforscht. Auch krankheitserregende Bakterien wie Staphylokokken und Salmonellen haben Mikrobiologen gut beschrieben, Pharmazeuten Medikamente gegen sie entwickelt. Doch über den Großteil der anderen Mikroorganismen in uns wissen wir nur sehr wenig. Da sie keine unmittelbare Gefahr für den Menschen darstellen, hat die Forschung diesen Lebewesen wenig Beachtung geschenkt.

Nahe am Patienten

Genau dieses Unwissen reizt Lisa Maier. Die junge Professorin leitet am Interfakultären Institut für Mikrobiologie und Infektionsbiologie der Universität Tübingen eine Forschungsgruppe, die

zum Exzellenz-Cluster „Controlling Microbes and Fighting Infections“ (CMFI) gehört. Sie vermutet, dass auch Bakterien für unsere Gesundheit wichtig sind, die nicht unmittelbar Krankheiten auslösen. Sie könnten uns auf vielfältige Weise nützen. „Wir wissen nur zu wenig über sie.“

Die Mikrobiologin sitzt am Schreibtisch ihres Büros eine Etage unter der Hals-Nasen-Ohren-Klinik und liest sich Entwürfe für wissenschaftliche Publikationen durch. Die Nähe zwischen Klinik und Forschung zeigt bereits, dass Lisa Maiers Grundlagenforschung irgendwann in klinische Studien münden könnte.

Gleich trifft sie ihre Nachwuchsgruppe wie jeden Montag um zehn Uhr. Sie geht den Gang entlang, an Laboren vorbei, durch zwei Sicherheitstüren und betritt den Seminarraum. Neun Postdocs, Doktorandinnen und Doktoranden warten bereits. Sie stammen aus Brasilien, den USA, Südafrika, der Türkei, Kolumbien, Deutschland und China – ein internationales Forschungsteam. Weitere sind per Video-Konferenz zugeschaltet. Alle reden Englisch miteinander. Maier wirkt kaum älter als ihre Team-Mitglieder. Von außen ließe sich schwer sagen, wer die Professorin im Raum ist.

Vorne stellt eine Doktorandin eine Studie aus einem Fachjournal vor. In der Montagrunde bespricht das Team auch die Forschungsarbeiten anderer Universitäten und Kliniken. Die Fragestellung der Studie lautet: Gleichet sich das Mikrobiom bei Mäusen an, die viel miteinander in Kontakt sind?

Psychopharmaka können Darmbakterien hemmen

Wenig ist bisher über die Bakterien im Darm bekannt, weder bei Mensch noch Tier. Manche helfen bei der Verdauung von Nährstoffen, manche bei der Produktion von Vitamin K, das für die Blutgerinnung wichtig ist. Manche verhindern, dass sich schädliche Bakterien dort ansiedeln, wo sie sich ausgebreitet haben – sie schützen also indirekt vor Krankheiten. Wie können wir im eigenen Interesse unsere nützlichen Bakterien besser schützen?

Maier interessiert die Wirkung aller Medikamente auf die Bakterien in unserem Darm. „Dass Antibiotika viele Bakterien abtöten, nicht nur die pathogenen, ist bekannt. Aber welche Wirkung haben andere Medikamente? Auch Nicht-Antibiotika können unser Mikrobiom stören und vielleicht sogar Resistenzen hervorrufen“, sagt sie nach dem Seminar auf dem Weg in ihr Labor.

“
Auch Nicht-Antibiotika können unser Mikrobiom stören oder sogar Resistenzen hervorrufen.

Non-antibiotics can also disrupt our microbiome or even cause resistance.

“

Humans carry around as many microbial cells as their own cells – in the small and large intestines, nose, lungs and spread over the skin. Scientists calculate that the human microbiome weighs 1.5 kilograms. Microbial cells are much smaller and simpler than our human cells, so they weigh less.

Disease-causing bacteria such as staphylococci and salmonella have also been well described by microbiologists, and pharmacists have developed drugs against them. But we know very little about most of the other microorganisms inside us. Since they do not pose an immediate danger to humans, research has paid little attention to microbial life.

Research close to patients

It is precisely this gap in research that appeals to Professor Lisa Maier, junior research group leader at the Interfaculty Graduate School of Infection Biology and Microbiology, which belongs to the Cluster of Excellence “Controlling Microbes to Fight Infections” (CMFI) at the University of Tübingen. She suspects that this group of bacteria, which do not directly trigger diseases, are also important for our health. They could benefit us in many ways.

Lisa Maier sits at the desk of her office one floor below the Department of Otolaryngology and reads drafts for scientific publications. The proximity between the clinic and research is a sign that Lisa Maier’s basic research could eventually lead to clinical trials.

Like every Monday, she meets her junior research group at ten a.m. She walks down the corridor, past laboratories, through two security doors and enters the seminar room. Nine postdocs and doctoral candidates are already waiting. They come from Brazil, the USA, South Africa, Turkey, Colombia, Germany and China – an international research team. Others join them via video conference. Everyone speaks English.



01 Je trüber die Lösung, desto stärker haben sich Bakterien im Reagenzglas vermehrt.

The more cloudy the solution, the more bacteria have multiplied in the test tube.

03 Jour fixe am Montagvormittag: Lisa Maier in einem konzentrierten Moment vor ihrem Seminar.

Jour fixe on Monday morning: Lisa Maier in a concentrated moment before her seminar.

At the front, a doctoral student presents a study from a medical journal. In the Monday round, the team also discusses the research work of other universities and clinics. The study questions whether socially-mediated transfer occurs in the mouse microbiome.

Psychotropic drugs may inhibit gut bacteria

Little is known about bacteria in the intestines, neither in humans nor animals. Some help digest nutrients, others help produce vitamin K, which is important for blood clotting. They prevent harmful bacteria from settling where they have spread – indirectly protecting us from diseases.

Maier is interested in the effect of all drugs on the bacteria in our intestines. “It is well known that antibiotics kill beneficial as well as pathogenic bacteria. But what effect do other drugs have? Even non-antibiotics can disrupt our microbiome and perhaps even cause resistance,” she says on her way to her lab after the seminar.

Maier has already carried out experiments with psychotropic drugs and found that their effect can be inhibited by bacteria in our digestive tract. “The bacteria metabolize the drugs and render them ineffective.” Cancer drugs also have a different effect on patients, depending on the individual intestinal microbiome.

She wants to better understand the molecular and biological interaction between bacteria and drugs. What are the target molecules that different drugs act on? Initially, she selected the 40 most common strains of bacteria in our gut for her experiment. In a large-scale screening, she has already tested the effect of 1,200 different drugs for each species, now other bacterial strains and drugs are under test.



ATTEMPTO!

Jeder Mensch verfügt über ein individuelles Mikrobiom. Es wird beeinflusst von der genetischen Anlage, den Umständen der Entbindung bei der Geburt, der Ernährung und sozialen Kontakten mit anderen Menschen – wie in der zuvor besprochenen Maus-Studie.

Maier hat bereits Versuche mit Psychopharmaka durchgeführt und festgestellt, dass deren Wirkung von Bakterien in unserem Verdauungstrakt „inhibiert“ werden können, also gehemmt. „Die Bakterien setzen die Medikamente in ihrem Stoffwechsel um und machen sie wirkungslos.“ Auch Krebstherapien wirken auf Patienten unterschiedlich, je nach individuellem Darmmikrobiom.

Sie möchte die „molekularbiologischen Vorgänge“ zwischen Bakterien und Medikamenten besser verstehen. Welches sind die Zielmoleküle, auf die verschiedene Medikamente wirken? In einem ersten Schritt hat sie die 40 häufigsten Bakterienstämme unseres Darms für ihr Experiment ausgewählt. In einem groß angelegten Screening testete sie bereits für jede Spezies die Wirkung von 1.200 verschiedenen Medikamenten, nun sind weitere Bakterienstämme und Medikamente im Test.

Labor mit „Darmatmosphäre“

Über einem Tisch im Labor ist eine große, durchsichtige Plane gespannt, von der Form her wie ein kleiner Pferdewagen. Das Display eines Messgeräts im Innenraum zeigt in leuchtend roten Ziffern den Sauerstoffgehalt an: 0 Prozent. Es herrscht eine künstliche „Darmatmosphäre“: viel Stickstoff, kein Sauerstoff.

Zwei Doktorandinnen stecken ihre Hände und Arme in Gummihandschuhe, die in die Planenwand geschweißt sind. Dadurch können sie im Innern des luftleeren Raums hantieren. Ein Stapel kleiner Plastik-kästchen mit 96 Löchern türmt sich auf dem Tisch. In jedes Loch hat Doktorandin Lara Berg am Vortag jeweils ein Medikament gebrösel, darunter gängige Kopfwehtabletten, Psychopharmaka oder Antibiotika.

Reagenzgläser mit einer honigfarbenen Nährlösung aus Hefe, Fleisch, Salz, Zucker und verschiedenen Aminosäuren stehen in einem Halter unter der Plane: In jedem Reagenzglas schwimmt ein anderer Stamm Darmbakterien. Mit bloßem Auge sind die Mikroorganismen nicht zu sehen, eine höhere Bakterienkonzentration lässt sich nur an der stärkeren Eintrübung der Lösung erkennen. Auch sie simuliert die Lebensumgebung in unserem Darm. Bakterien „anziehen“ nennen die Forscherinnen das. Noch bis vor Kurzem galt das gezielte Züchten vieler Bakterienstämme aus dem Darm als nicht möglich, da die notwendigen Bedingungen wie Nährmedien und Sauerstoffgehalt nicht bekannt waren.

Die Bakterien in den Reagenzgläsern sind in einer Tabelle an der Wand gelistet, *Roseburia intestinalis*, *Clostridium bolteae* oder *Parabacteroides distasonis*. Unter dem Mikroskop würde man

Stäbchen oder Pünktchen erkennen. Doch dafür ist keine Zeit: Berg gießt den Inhalt eines Reagenzglases in ein Schälchen, nimmt von dort die Flüssigkeit mit einer „Multikanal-Pipette“ in zwölf parallele Pipettenspitzen auf und gibt sie Reihe für Reihe in jedes der Löchlein auf dem Plastikkasten ab. Nun sind Bakterien und Medikamente vereint.

Ihre Kollegin schiebt die Plastik-kästchen in einen kleinen Brutschrank unter der Plane, in dem genau 37 Grad Celsius „Körper“-temperatur herrschen. Ein Greifarm schnappt sich ein Plastik-kästchen nach dem anderen und schiebt es in einen Fotometer. Der kann die optische Dichte der honigfarbenen Flüssigkeit messen: Je dichter und trüber die Flüssigkeit, desto besser haben sich die Bakterien vermehrt. Über 20 Stunden lang wiederholt sich das stündliche Prozedere. Auf diese Weise kann Lisa Maiers Team Hunderte von Experimenten über Nacht durchführen.

Am nächsten Tag werden die Doktorandinnen die Paletten aus dem Brutschrank holen – und dabei möglichst lange die Luft anhalten. Denn auch die Produktion von Schwefelwasserstoff gehört zur Simulation der Darmatmosphäre, gerade so, also würde der Brutschrank einen fahren lassen.

Medikamente an das Mikrobiom anpassen

An einem Laptop lassen sich die Daten auslesen und die stündlich erhaltenen Messpunkte zu einer Kurve in einem Diagramm verbinden: Bleibt die Kurve flach, hat das Medikament das Wachstum dieses Bakterienstammes gehemmt. Hat das Medikament keine Wirkung auf den Bakterienstamm, steigt die Wachstumskurve so an wie die Kontrollkurve, die ohne jede Medikamentenvergabe entsteht und dem Team gut bekannt ist. Für jede Spezies und jedes Medikament entsteht so ein eigenes Kurvenprofil.

Das Experiment muss für jede Wirkstoff-Bakterium-Kombination mehrfach durchgeführt werden, um Fehlmessungen und statistische Abweichungen in den Datenreihen auszuschließen. Auch die Dosierung der Medikamente muss variiert werden: Manche Bakterien verändern ihr Verhalten bei unterschiedlicher Dosierung. Viele Monate werden die Testreihen und ihre Auswertung dauern, ab Herbst beschleunigt durch einen neuen Roboter, der die Pipettierung der Medikamenten-Kästchen automatisiert übernimmt.

In ihrem Büro denkt Lisa Maier die große Vision weiter. Erst nach dieser Grundlagenforschung sind Rückschlüsse für die medizinische Anwendung möglich. „Medikamente werden bald entsprechend der Zusammensetzung des Mikrobioms eines einzelnen Patienten verschrieben werden können, sowohl was die Art des Medikaments als auch die Dosierung angeht“, sagt sie. Doch diese Forschung benötigt viele Teams. „Mein Berufsleben wird nicht ausreichen, alle Bakterien unseres Mikrobioms zu erforschen.“

→ **In ihrem Projekt „gutMAP“** untersucht Lisa Maier den Einfluss des Darmmikrobioms auf die Wirkung von Psychopharmaka. Sie hat dafür einen Starting Grant des Europäischen Forschungsrats (ERC) erhalten, der mit rund 1,5 Millionen Euro gefördert wird.

→ **In her project “gutMAP”,** Lisa Maier examines the influence of the gut microbiome on the effect of psychotropic drugs. For this she has been awarded a Starting Grant from the European Research Council (ERC), funded with around 1.5 million euros.

03 Jedem Bakterium seine Kurve: Je steiler der Anstieg, desto weniger hemmt ein Medikament das Wachstum.

Each species has its own curve: The steeper it is, the less a drug inhibits growth.

04 Im Raum unter der Plane darf kein Sauerstoff sein, ganz wie im Darm. Die Handschuhe erlauben den Doktorandinnen dennoch die Vorbereitung des Experiments.

Although there is no oxygen in the glove box, just like in the intestine, doctoral students can still use the gloves to prepare the experiment.



04

Laboratory under intestinal conditions

A large, transparent sheet is stretched above a bench in the lab. Inside, a monitor shows the oxygen content in bright red digits: 0 percent. Just like in the intestine. Lots of nitrogen, no oxygen.

Two doctoral candidates put their hands and arms in rubber gloves that are welded into the sheet. This allows them to move inside the vacuum. A stack of small plastic boxes with 96 holes are piled up on the bench. Doctoral candidate Lara Berg ground a drug into each hole the day before, including common headache pills, psychotropic drugs or antibiotics.

Test tubes with a honey-colored nutrient solution of yeast, meat, salt, sugar and various amino acids are placed in a container behind the sheet: A different strain of intestinal bacteria floats in each test tube. The microorganisms cannot be seen with the naked eye, a higher bacterial concentration can only be seen when the solution becomes more turbid. This solution also simulates the

conditions in our intestines. Until recently, the targeted cultivation of many bacterial strains from the intestine was not considered possible, as the necessary conditions such as nutrient media and oxygen content were not known.

The bacteria in the test tubes are listed in a table on the wall, *Roseburia intestinalis*, *Clostridium bolteae* or *Parabacteroides distasonis*. Under the microscope, they show up as rods or dots. Berg pours the contents of a test tube into a small bowl, picks up the liquid from there with a multichannel pipette and dispenses it row by row into each of the holes in the container. Bacteria and drugs are now mixed together.

Berg's colleague pushes the container into a small incubator under the sheet, where the temperature is precisely 37 degrees Celsius, like in the body. The gripper arm grabs one container after another and pushes it into a photometer, which measures the optical density of the honey-colored solution: The denser and cloudier the liquid, the better the bacteria have multiplied. The procedure is repeated hourly for more than 20 hours. Lisa Maier's team can conduct hundreds of experiments overnight.

The next day, the doctoral students will take the containers out of the incubator – and hold their breath for as long as possible. Like in the intestine, hydrogen sulfide is also produced in the simulation, and it smells like the incubator has let one loose.

Adapting drugs to the microbiome

Data from the hourly measurements is plotted using a laptop: If the curve remains flat, the drug has inhibited the growth of this bacterial strain. If the drug has no effect on the bacterial strain, the growth curve increases as does the control curve. A separate curve profile is created for each species and each drug.

The experiment must be carried out several times for each active substance/bacterium combination to exclude incorrect measurements and statistical deviations. As some bacteria behave differently at different drug dosages, this must also be varied. Evaluating the data will take many months but a new pipetting robot will help speed up the process later in the year.

In her office, Lisa Maier continues to think about the big picture. “Medication will soon be able to be prescribed according to the composition of an individual patient's microbiome, both in terms of the type of drug and dosage,” she says. But this research requires many teams and will take years to complete.



05



Leidenschaft fürs Leben.

SRH Kliniken Landkreis Sigmaringen

Wir machen Ärzte

Das können wir

- Allgemein- und Viszeralchirurgie
- Anästhesie, Intensivmedizin, Schmerzmedizin
- Gynäkologie und Geburtshilfe
- Medizinische Klinik
- Neurologie
- Psychiatrie und Psychotherapie
- Psychosomatische Medizin
- Diagnostische und interventionelle Radiologie
- Sportmedizin
- Unfallchirurgie, Orthopädie und Sporttraumatologie
- Urologie, Kinderurologie und Uroonkologie
- Schlaflabor
- Zertifizierte Zentren

Allgemeine Angebote

- Appartement neben der Klinik
- Betriebssport
- Einführungstag
- Fitness Center
- Mensa

Fachspezifische PJ-Angebote

- Echokurs
- Gipskurs
- Nahtkurs
- PJ-Unterricht, täglich
- Sonokurs
- Tapekurs
- Weiterbildung Alpine Notfallmedizin
- Weiterbildung Wassersport
- Fortbildung Selbstverteidigungskurs

Sie haben Fragen?



SRH Kliniken Landkreis Sigmaringen GmbH
Tel. 07571 100-0
www.kliniken-sigmaringen.de

ELEKTRO KÜRNER

Dienstleistungszentrum GmbH



Intelligente Elektrotechnik, Komfortinstallationen



Brand-, Einbruch-, Videoüberwachung



Ökologische Energie- und Gebäudetechnik



Automatisierungs- und Datentechnik



Beratung, Planung, Montage, Service



Premium E-MARKEN BETRIEB



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

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

DIGITALES GEDENKEN

DIGITAL REMEMBRANCE

TEXT Christoph Karcher

Selfie im Berliner Holocaust-Denkmal: kein Mangel an Respekt, sondern eine neue Form der Erinnerungskultur.

Selfie at the Berlin Holocaust Memorial: not a lack of respect, but a new culture of remembrance.

PHOTO: Jonny McKenna,
unsplash

Soziale Medien und der Einsatz von KI prägen unsere Erinnerungskultur: Ein deutsch-israelisches Forschungsprojekt untersucht, wie die Digitalisierung das Holocaust-Gedenken verändert.

Social media and the use of artificial intelligence are affecting the culture of remembrance: A German-Israeli research project investigates how digitalization is changing remembrance of the Holocaust.

DE

Das Gedenken an die Opfer der NS-Verbrechen befindet sich in einem tief greifenden Umbruch. Bald werden keine Überlebenden des Holocaust mehr persönlich von ihren Erlebnissen berichten können. Gleichzeitig verändern digitale Medien die Art und Weise, wie erinnert wird. Gedenkstätten und Museen sind auf Social Media vertreten und nutzen neue Technologien – von digitalen Rundgängen und Augmented-Reality-Apps bis zu KI-gestützten Gesprächen mit virtuellen Zeitzeuginnen und -zeugen. Und für viele Menschen ist es auch beim Besuch einer Gedenkstätte selbstverständlich, sich per Smartphone, über Instagram und TikTok zu informieren, auszudrücken und Emotionen zu teilen.

Wie sich der digitale Wandel auf die Gedenkkultur auswirkt, ist Gegenstand des länderübergreifenden Forschungsprojekts „From the Era of the Witness to Digital Remembrance: New Media, Holocaust Sites and Changing Memory Practices“ (siehe Infobox). Deutsche und israelische Forschungsteams untersuchen dabei an Orten wie dem Yad Vashem Museum in Jerusalem oder der KZ-Gedenkstätte in Hailfingen-Tailfingen bei Tübingen, wie neue Formen der Erinnerungspraxis entstehen und wie digitale Praktiken die etablierte Gedenkkultur verändern.

Wie holen wir die Vergangenheit in unsere Welt?

Ein Initiator des Projekts ist Thomas Thiemeyer, Professor am Tübinger Ludwig-Uhland-Institut (LUI) für Empirische Kulturwissenschaft. Bereits in einem früheren Studienprojekt zur Holocaust-Erinnerung hatte er festgestellt, wie stark sich digitale Transformationen auch hier auswirken. „Wenn wir mit dem Smartphone durch einen Gedenkort oder ein Museum laufen, verändert das fundamental, wie wir diesen Ort wahrnehmen und uns an und zu ihm verhalten“, veranschaulicht der Kulturwissenschaftler. „Die Institutionen müssen damit umgehen und neue Ansätze ausprobieren, ohne schon sicher zu wissen, was richtig und angemessen ist. Es geht dabei immer auch um Respekt und Taktgefühl den Opfern und Hinterbliebenen gegenüber.“

Gemeinsam mit dem israelischen Soziologen und Anthropologen Jackie Feldman von der Ben Gurion University of the Negev und Teams beider Länder sucht Thiemeyer mit dem aktuellen Projekt mehr Klarheit. „Wir wollen Grundlagenwissen bereitstellen, auf das gesellschaftliche Debatten aufbauen und vielleicht auch differenzierter geführt werden können.“

Christoph Bareither, ebenfalls Professor am LUI, ist als Digitalanthropologe beteiligt. Die Wechselwirkungen zwischen digitaler Technik und Alltagskultur sind sein Spezialgebiet. Er verdeutlicht den Ansatz des Forschungsprojekts: „Auf Selfies am

Holocaust-Mahnmal in Berlin reagiert ein großer Teil der Öffentlichkeit kritisch. Beim zweiten Blick zeigt sich, dass hier nicht unbedingt eine neue Generation den Holocaust ignoriert oder respektlos behandelt, sondern dass es um veränderte Praktiken des Erinnerns geht. Und es lohnt sich, diese genauer anzusehen.“

Bareither und Thiemeyer betrachten ihren Forschungsgegenstand aus der Perspektive der Empirischen Kulturwissenschaft: Sie interessiert die sogenannte Alltagskultur, also die Routinen, Beziehungen und Ordnungen, mit denen wir unser Zusammenleben gestalten. „In Erinnerungskulturen geht es für uns darum, wie Menschen gemeinsam und in Beziehung zueinander die Ver-

”

Auf Selfies am Holocaust-Mahnmal in Berlin reagiert ein großer Teil der Öffentlichkeit kritisch. Beim zweiten Blick zeigt sich, dass hier nicht unbedingt eine neue Generation den Holocaust ignoriert oder respektlos behandelt, sondern dass es um veränderte Praktiken des Erinnerns geht.

A large part of the public reacts critically to selfies at the Holocaust Memorial in Berlin. But given closer consideration, it is not necessarily a new generation that is ignoring or disrespecting the Holocaust, but that the practice of remembrance is changing.

“

gangenheit vergegenwärtigen“, erklärt Bareither. „Wie holen sie die Vergangenheit in ihre Welt? Was soll die Vergangenheit heute für uns bedeuten und welche Gefühle verbinden Menschen damit?“

Die Kulturwissenschaftler beschreiben zunächst wertungsfrei, was passiert. Zum Einsatz kommen ethnografische, qualitative Methoden wie teilnehmende Beobachtung, Interviews und Quellenauswertung. Das Material wird dann mit computergestützter Datenanalyse strukturiert und ausgewertet. „Es geht uns darum, den Menschen in ihren Alltag zu folgen, mit ihnen zu interagieren und sie zu verstehen. Ziel ist eine dichte und lebendige Beschreibung von dem, was den Einzelnen bewegt.“

EN

The remembrance of the victims of Nazi crimes is undergoing a profound transition. Soon, there will be no Holocaust survivors left to recount their experience. Digital media are also changing the way people remember. Memorials and museums are represented on social media and use new technologies, such as digital tours, augmented reality apps and AI-supported conversations with virtual witnesses. For many people, it has become acceptable to search for information and share their reactions and experiences via social media, even when visiting a memorial.

How digital change is affecting the culture of remembrance is the subject of the international research project “From the Era of the Witness to Digital Remembrance: New Media, Holocaust Sites and Changing Memory Practices” (see boxout). At the Yad Vashem World Holocaust Remembrance Center in Jerusalem or the concentration camp memorial in Hailfingen-

gen-Tailfingen near Tübingen, German and Israeli research teams are investigating how new forms of remembrance are emerging and how digital practices are changing the established culture.

How do we bring the past into our world today?

One of the initiators of the project is Thomas Thiemeyer, professor at the Ludwig Uhland Institute (LUI) of Historical and Cultural Anthropology in Tübingen. In an earlier study on Holocaust remembrance, he already determined the extent to which digital transformation has an impact. “When we walk through a memorial site with our smartphone, it fundamentally changes how we perceive this place and how we behave towards it,” explains the cultural scientist. “Institutions have to deal with this and try out new approaches without knowing certainly what is right and appropriate.”

01 Mit dem Smartphone durch Gedenkkorte zu laufen verändert auch unsere Wahrnehmung und unser Verhalten.

Walking through memorial sites with a smartphone also changes our perception and behavior.

PHOTO: Keren Fedida, unsplash



01



Forschung auf Instagram und TikTok

Feldforschung geschieht in diesem Fall an Gedenkstätten sowie im digitalen Raum, der sich auf diese bezieht. Das Team beobachtet beispielsweise die Nutzung von Smartphones und Social Media. Es spricht mit Verantwortlichen sowie Besucherinnen und Besuchern, sichtet Social-Media-Beiträge und wertet aus, wie Gedenkstätten neue Technologien einsetzen.

„Eine wichtige Quelle sind Bilder im Netz“, berichtet Bareither. „Wir verfolgen auf Plattformen wie Instagram und TikTok, wer was postet, etwa unter bestimmten Hashtags. Wir analysieren, wie sich die Gedenkstätten selbst darstellen und wie darüber kommuniziert wird.“ Im persönlichen Chatkontakt mit Nutzerinnen und Nutzern lassen die Kulturwissenschaftler diese erzählen, beispielsweise über geteilte Bilder oder eigene Kommentare. „Dabei sind wir transparent mit einem erkennbaren Forschungsaccount unterwegs.“

„Gedenkstätten in Deutschland sind Täterorte. Die Perspektive ist hier auch: Wie konnte sich eine Gesellschaft so verändern, dass sie dies zuließ? In Israel sind es Orte, die stärker an die Opfer erinnern“, erklärt Thiemeyer. Das Projekt will vergleichen, wie die Erinnerungskulturen in beiden Ländern nach neuen Wegen suchen. Und auch, wie politische Einflüsse die offiziellen „Gedenkregimes“, wie es Thiemeyer bezeichnet, beeinflussen. „In Israel beobachten wir zum Beispiel Unterschiede zwischen dem offiziellen Gedenken, das in vielen Bereichen durch die nationalistische Regierung instrumentalisiert wird, und informellen Gedenkpraktiken, die sich bewusst davon absetzen wollen. Etwa die Initiative Zikaron BaSalon, ‚Gedenken im Wohnzimmer‘, bei der Menschen private Räume für Erinnerung schaffen, physisch und online.“

Wenn die KI über Erinnerung entscheidet

Ziel ist neben der Forschung zu Gedenkstätten und Social Media auch eine kritische Reflektion neuer Technologien. Das Team plant eine Zusammenarbeit mit dem „New Dimensions in Testimony“-Programm der USC Shoah Foundation. Diese zeichnet seit Jahren Interviews mit Zeitzeuginnen und -zeugen auf, um sie als Hologramme virtuell weiterleben zu lassen. Bereits heute ermöglicht das Programm mediale Begegnungen: Schülerinnen und Schüler können eine Frage stellen, diese wird mit Hilfe Künstlicher Intelligenz erkannt und ein möglichst passender Interviewausschnitt abgespielt. Ziel ist die Illusion eines möglichst flüssigen Dialogs mit den virtuellen Befragten.

„Ein sehr spannendes Projekt, aus digitalanthropologischer Perspektive“, sagt Bareither. „Künstliche Intelligenz soll hier lernen, zu verstehen, was den Fragenden interes-

02 Die bekannte Gedenkstätte Yad Vashem kann nicht nur in Israel besucht werden, sondern inzwischen auch auf Instagram und Twitter. The famous Yad Vashem memorial can be visited not only in Israel, but also on Instagram and Twitter. PHOTO: Eelco Bohtlingk, unsplash



Together with the Israeli sociologist and anthropologist Jackie Feldman from the Ben Gurion University of the Negev and teams from both countries, Thiemeyer is looking for more clarity with the current project. “We want to provide fundamental knowledge on which social debates can be developed and perhaps also conducted in a more differentiated way.”

Christoph Bareither, also a professor at LUI, is involved as a digital anthropologist. He specializes in the interactions between digital technology and everyday culture. Emphasizing the approach of the project, he says: “A large part of the public reacts critically to selfies at the Holocaust Memorial in Berlin. But given closer consideration, it is not necessarily a new generation that is ignoring or disrespecting the Holocaust, but that the practice of remembrance is changing.”

Bareither and Thiemeyer view their research from the perspective of cultural anthropology, which investigates everyday culture: the routines, relationships and orders that shape how we live together. “For us, the culture of remembrance is about how people visualize the past together and in relation to each other,” explains Bareither. “How can we bring the past to life? What should the past mean to us today?”

The scientists first describe what is happening using ethnographic, qualitative methods, such as participant observation, interviews and analyzing text and media sources. The material is then organized and evaluated using computer-assisted data analysis. “It’s about following people in their everyday lives, interacting with them and understanding them.”

Research on Instagram and TikTok

In this project, the team is doing field research at memorials and the digital space connected to them. For example, they are investigating the use of smartphones and social media by talking to memorial staff and visitors, reviewing social media contributions and evaluating how memorial sites are using new technologies.

“Internet images are an important source for our research,” says Bareither. “We track who posts what on platforms such as Instagram and TikTok, for example under certain hashtags. We analyze how the memorials present themselves and how people communicate about them.” Via chat, we ask users about the images or comments they have shared. “We are transparent with a recognizable research account.”

“Memorials in Germany are also reminders of crimes that have been perpetrated. They also remind us to ask: How could a society change in such a way that it allowed this to happen? “In Israel, memorial sites are more focused on the victims,” explains Thiemeyer. The project aims to compare how the cultures of remembrance in both countries are looking for new ways. And how politics influence the official “regimes of remem-

03 Professor Dr. Thomas Thiemeyer,
PHOTO: Tanja Schuller

04 Professor Dr. Christoph Bareither,
PHOTO: privat

siert. Im Grunde entscheidet dann die KI, was als relevantes Wissen – und überhaupt fragbares Wissen – im Kontext des Gedenkens gilt. Da geben wir der KI eine Menge Autorität.

Sie wird Teil der Interaktion mit Zeitzeuginnen und -zeugen. Wir wollen auch solche Aspekte untersuchen und analysieren, was da überhaupt passiert.“

Nicht zuletzt beschäftigt das Forschungsteam, was die Gesellschaft bezüglich ihrer Haltung zur Vergangenheit verbindet. „Das Verhältnis zu einer gemeinsam geteilten Geschichte ist in Deutschland und Israel hochgradig politisch“, sagt Thiemeyer. „Vor dem Hintergrund, dass die Gesellschaft in Parallelöffentlichkeiten zerfällt, stellt sich auch die Frage, wie man eigentlich sicherstellt, dass wir noch von denselben Dingen sprechen und auf welches Erinnern wir uns noch verständigen können.“



brance”, as Thiemeyer calls them. “In Israel, for example, we observe differences between official remembrance, which in many areas is being exploited by the nationalist government, and informal remembrance practices, which consciously want to set themselves apart from it. For example, the initiative Zikaron BaSalon, ‘Remembrance in the living room’, in which people create private spaces for remembrance, physically and online.”

When AI affects remembrance

In addition to research on memorials and social media, researchers are also reflecting critically on the impact of new technologies. The team plans to collaborate with the USC Shoah Foundation’s “New Dimensions in Testimony program”. This program has been recording interviews with survivors of the Holocaust for years that live on as holograms. It already enables interactive encounters today: Students can ask a question, which is analyzed using artificial intelligence and a suitable interview excerpt is played. The aim is to create a fluid dialog with the virtual witnesses.

“This is a very exciting project, from a digital anthropological perspective,” says Bareither. “The Dimensions in Testimony project is using AI to find out what people are interested in. The AI determines what is considered relevant knowledge – and it has influence over what kind of questions can be asked in conversations with the virtual survivor. In the process, we are giving AI a lot of authority. We also want to investigate such aspects and analyze what is happening.”

Last but not least, the research team is concerned with what unites society in terms of its attitude to the past. “The relationship with a shared history is highly political in Germany and Israel,” says Thiemeyer. Amid debate on parallel publics, we also need to ask how we can ensure that we are still talking about the same things and on which aspects of remembrance we can agree upon.”

→ **Das Projekt** „Von der Ära der Zeugen zur digitalen Erinnerung: Neue Medien, Holocaust-Stätten und sich wandelnde Erinnerungspraktiken“ startete im März 2023 für eine Laufzeit von drei Jahren. Es wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Nahostkooperation gefördert.

→ **Beteiligt** sind das Institut für Empirische Kulturwissenschaft (LUI) der Universität Tübingen und die Ben Gurion University of the Negev. In Tübingen verbindet das Projekt drei Schwerpunkte des LUI: Erinnerungskultur, Museum und Digitale Anthropologie.

→ **Eine weitere Plattform** des Projekts ist das neue „Digital Anthropology Lab Tübingen“: Hier vernetzen sich Digitalanthropologinnen und -anthropologen aus ganz Europa und verbinden die Forschung unterschiedlicher Projekte

→ **The project** “From the Era of Witnesses to Digital Remembrance: New Media, Holocaust Sites, and Changing Memory Practices” launched in March 2023 for three years. It is funded by the German Research Foundation within the framework of Middle East cooperation.

→ **Participants** are the Ludwig Uhland Institute of Historical and Cultural Anthropology (LUI) of Tübingen University and the Ben Gurion University of the Negev. In Tübingen, the project combines three research interests of the LUI: Cultures of Remembrance, Museums and Digital Anthropology.

→ **Another platform** of the project is the new Digital Anthropology Lab Tübingen: Digital anthropologists network from all over Europe and collaborate on different research projects.

KÜNSTLICHE PHOTOSYNTHE SCHÜTZT DAS KLIMA

ARTIFICIAL PHOTOSYNTHESIS PROTECTS THE CLIMATE

TEXT Christoph Karcher
PHOTOS Valentin Marquardt

Kira Rehfeld und Matthias May erforschen, wie sich CO₂ mit Sonnenenergie in großem Maßstab aus der Atmosphäre entfernen lässt. Als Kohleflocken oder organische Minerale abgespeichert, soll diese über viele Jahrzehnte verwahrt werden.

Kira Rehfeld and Matthias May are investigating how to remove CO₂ from the atmosphere on a large scale using solar energy. By storing CO₂ as coal flakes or organic minerals, it could be preserved for many decades.



Wissenschaft vom Dach: Die Messstation des Geoforschungszentrums sammelt Daten über Sonneneinstrahlung, Niederschläge und Luftdruck.

Science on the roof: The measuring station at the Geoscience and Environmental Research Center collects data on solar radiation, precipitation and atmospheric pressure.

Handeln wir bei der CO₂-Reduzierung nicht schneller und konsequenter, werden wir Verfahren brauchen, die bereits ausgestoßenes Kohlendioxid wieder der Atmosphäre entziehen und als „negative Emissionen“ speichern. Das stellt der Weltklimarat IPCC in seinem Bericht 2022 fest.

Der Überbegriff für solche Verfahren ist Carbon Dioxide Removal (CDR). An einem neuartigen CDR-Ansatz wird derzeit an der Universität Tübingen gearbeitet. Kira Rehfeld vom Geo- und Umweltforschungszentrum (GUZ) und Matthias May, Gruppenleiter am Institut für Physikalische und Theoretische Chemie, experimentieren im Rahmen des Verbundprojekts NETPEC (siehe Infobox) mit künstlicher Photosynthese. Ziel ist es, das Potenzial dieses elektrochemischen Verfahrens für die Umwandlung von CO₂ aus der Atmosphäre in speicherbare Produkte zu untersuchen.

„Aus unserer Perspektive wird zu wenig an Ansätzen geforscht, die auf großer Skala funktionieren“, sagt May. Die Initialzündung für ihn und Rehfeld gab ein Vortrag zu negativen Emissionen, den die beiden als Postdocs in Cambridge hörten. „Der Redner zeigte drastisch auf, dass wir uns nicht auf negative Emissionen verlassen sollten, weil die bisher betrachteten Lösungen sehr problematisch sind“, berichtet Rehfeld. „Unsere Idee war daraufhin, dass wir vielleicht aus unseren jeweiligen Blickwinkeln das Lösungsspektrum erweitern können.“

2019 beschrieben sie zum ersten Mal ihren Ansatz, CO₂ mit künstlicher Photosynthese effizienter aus der Atmosphäre zu entfernen als es mit Pflanzen möglich ist. Heute leiten Rehfeld und May das NETPEC-Konsortium: Wissenschaftlerinnen

und Wissenschaftler aus sechs Institutionen untersuchen dabei alle Kernaspekte einer photoelektrochemischen Technologie zur CO₂-Bindung.

Natürliche Photosynthese stößt an ihre Grenzen

Die Nutzung natürlicher Photosynthese – die Biomasse aus Bäumen und Pflanzen mit dem darin gebundenen CO₂ zu ernten und den Kohlenstoff in den Boden einzubringen – stoße an Grenzen, erklärt May. „Wenn wir von einem mittleren vom IPCC skizzierten Szenario ausgehen, müssen wir ab 2050 jedes Jahr zehn Gigatonnen CO₂ aus der Atmosphäre entfernen. Um dies mit natürlicher Photosynthese anzustreben, müssten zehn Millionen Quadratkilometer für die Bewirtschaftung mit Pflanzenmasse reserviert werden; das entspricht einer Fläche von Europa bis zum Ural.“ Dieser gewaltige Flächenbedarf stünde in Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion, ergänzt Rehfeld. „Dazu erwarten wir für die Zukunft an den meisten Orten der Welt längere Dürreperioden. Der Wasserbedarf dieser Pflanzen könnte also eventuell nicht gedeckt werden.“



01

Auch vorhandene technische Verfahren haben bislang Nachteile: Das „Enhanced Weathering“ – verkürzt gesagt eine künstliche Gesteinsverwitterung, bei der Kohlenstoffe gebunden werden – sei energieaufwendig und ineffizient, sagt May. Und bei „Direct Air Carbon Capture and Storage“, der Filterung von CO₂ aus der Luft und anschließenden Speicherung, gebe es Unwägbarkeiten. „Einerseits ist die Verpressung in Gasform teuer, andererseits ist die Dichte des Speichers über hunderte von Jahren fraglich.“



02

If we do not act faster and more consistently in reducing CO₂, we will need processes that remove already emitted carbon dioxide from the atmosphere and store it as “negative emissions”. This is stated by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in its 2022 report.

The generic term for such processes is Carbon Dioxide Removal (CDR). A new CDR approach is currently being developed at the University of Tübingen. Kira Rehfeld from the Geoscience and Environmental Research Center (GUZ) and Matthias May, Institute of Physical and Theoretical Chemistry, are experimenting with artificial photosynthesis in the collaborative project NETPEC (see boxout). The aim is to investigate the potential of this electrochemical process for the conversion of CO₂ from the atmosphere into storable products.

“From our perspective, there is too little research on approaches that can work on a large scale,” says May. Both researchers were inspired by a lecture on negative emissions, which they attended as postdocs in Cambridge. “The speaker showed the urgency of not relying on negative emissions because the solutions considered so far are problematic,” says Rehfeld. “Our idea was to explore other possibilities for solving the problem.” Today, Rehfeld and May lead the NETPEC consortium, in which researchers from six institutions examine core aspects of photoelectrochemical technology for CO₂ binding.

01 Im Labor sucht das Team nach geeigneten Katalysatoren, die CO₂-Moleküle umwandeln können. In the laboratory, the team is looking for suitable catalysts that can convert CO₂ molecules.

02 In zahlreichen Durchläufen wird getestet, welche chemischen Produkte bei welcher elektrischen Spannung entstehen. Scientists test which chemical products are produced at which electrical voltage.

03 Um Lichtenergie für die Umwandlung von CO₂ zu nutzen, müssen die Eigenschaften der Photoelektronen noch besser erforscht werden, hier in simuliertem Sonnenlicht. To use light energy for the conversion of CO₂, the properties of photoelectrons must be better investigated better, here in simulated sunlight.



03

“**Um jedes Jahr zehn Gigatonnen CO₂ aus der Atmosphäre zu entfernen, müssten zehn Millionen Quadratkilometer für die Bewirtschaftung mit Pflanzenmasse reserviert werden; das entspricht einer Fläche von Europa bis zum Ural.**”

With natural photosynthesis, to remove ten gigatons of CO₂ from the atmosphere every year, ten million square kilometers would have to be reserved for cultivation with plant mass; this corresponds to an area from Europe to the Ural Mountains.

“

mass; this corresponds to an area from Europe to the Ural Mountains.” The enormous amount of land required would be in competition with food production and affected by prolonged drought periods that experts expect for the future worldwide. Existing technical processes also have disadvantages so far; they are often energy-intensive or too inefficient.

Natural photosynthesis reaches its limits

The use of natural photosynthesis – allowing trees and plants to grow, harvesting the biomass with the CO₂ bound in it and introducing the carbon into the soil – is reaching its limits, explains May. “If we assume the middle-of-the-road scenario outlined by the IPCC, we will have to remove ten gigatons of CO₂ from the atmosphere every year from 2050. With natural photosynthesis, ten million square kilometers would have to be reserved for cultivation with plant



CO₂ wird zu Kohleflocken

Vor diesem Hintergrund entwickelte das Forscher-Duo ein Konzept für künstliche Photosynthese. „Man kann die Energie des Lichts nutzen, um elektrochemisch Moleküle zu synthetisieren, also um beispielsweise Chemikalien herzustellen“, erklärt May. „So entstehen aus Sonnenenergie Wasserstoff, aber auch andere energiereiche Brennstoffe wie Methan oder Alkohole.“

Mit ihrem neuen Ansatz wollen sie die künstliche Photosynthese einsetzen, um CO₂ in ein Produkt umzuwandeln, das für mehrere hundert bis tausend Jahre gespeichert werden kann. Das Ganze, so die Vision, könnte in Modulen ähnlich einer Solarzelle ablaufen, in denen CO₂ aus der Umgebungsluft gefiltert, in einem elektrochemischen Prozess gelöst und hochkonzentriert abgeschieden wird.

Das Endprodukt wäre im Idealfall ein leicht speicherbarer Stoff wie Kohleflocken, die man etwa in leere Tagebauten einfüllen kann. Denkbar sind auch mineralische Oxalate, die oberflächennah gelagert werden könnten. Ein weiterer Vorteil sei der geringere Flächenbedarf dieser „künstlichen Bäume“ im Vergleich zum natürlichen Pendant: „Um zehn Gigatonnen CO₂ im Jahr aus der Atmosphäre zu entfernen, könnten etwa 30.000 Quadratkilometer ausreichen, etwa die Fläche Brandenburgs“, rechnen sie vor. Zudem würden die Anlagen kaum Wasser benötigen und könnten auch in Wüsten oder Gegenden ohne Landwirtschaft betrieben werden.

Emissionen reduzieren statt entfernen

Soweit ist das NETPEC-Projekt jedoch noch nicht. „Wir bewegen uns im Bereich der anwendungsorientierten Grundlagenforschung“, sagt Rehfeld. Derzeit verifiziert das Team in experimenteller Arbeit die theoretischen Grundlagen des Verfahrens und testet nötige Zwischenschritte und „Zutaten“. Im Labor sieht das so aus: Die Forscherinnen und Forscher sprudeln CO₂ aus einer Flasche in einen flüssigen Elektrolyten ein. Darin wird das CO₂ gelöst, und an zwei Elektroden, angetrieben von einer Solarzelle, läuft eine chemische Reaktion ab.

Sie analysieren die einzelnen Bausteine dieses Systems: Welches Produkt entsteht bei welcher Spannung mit welcher Elektrode? Welche Solarzellen erzeugen ausreichend Spannung? Wie reagiert das System auf äußere Parameter wie Temperatur und



04

Sonneneinstrahlung? Ein Knackpunkt ist hierbei die Suche nach geeigneten Katalysatoren, die das CO₂-Molekül umwandeln, etwa spezielle Metalle im Elektrolyten.

In dem interdisziplinären Verbund prüft unter anderem ein Team der TU Darmstadt die Speicherbarkeit möglicher Endprodukte, am Karlsruher KIT wird die Nachhaltigkeit des Ansatzes untersucht. „Wir treffen uns häufig und evaluieren laufend die einzelnen Schritte, um nicht in Sackgassen zu laufen“, sagt May.

Neben der technischen Machbarkeit sind gesellschaftliche Fragen zu klären: „Es hängt nicht nur von technischen Bedingungen und Naturgesetzen ab, ob es große Anlagen in Wüsten geben wird oder kleine dezentrale Module. Oder Standorte in alten Bergwerken, wo das Ganze Hand in Hand geht mit Energieproduktion und einer Weiterverarbeitung der kohlenstoffhaltigen Produkte“, sagt Rehfeld. „Auch politische Entscheidungen bestimmen die Entwicklungen.“ Ihre Arbeitsgruppe untersucht deshalb auch potenzielle Nutzungskonflikte.

Von einem sind beide überzeugt: Emissionen zu reduzieren ist jedem Verfahren vorzuziehen. „Je früher wir komplett aus kohlenstoffbasierten Brennstoffen aussteigen, desto harmonischer und kleinteiliger können technologische Lösungen integriert werden“, macht Rehfeld deutlich. „Je länger wir blind bleiben und je langsamer wir effiziente Lösungen erforschen, desto großtechnischer müssen die Anlagen sein und umso größer sind die Eingriffe, die es global braucht, um die Klimaziele zu erreichen.“

Ob ihre Forschung an einer High Risk/High Potential-Methode die Lösung bringt, können sie nicht versprechen. „Im Idealfall sind solche Technologien nicht nötig“, sagt May. „So wie es momentan aussieht, wird es aber nicht ohne sie gehen.“



05

04 Am Ende soll es möglich sein, ein Produkt herzustellen, in dem sich CO₂ für viele Jahre abspeichern lässt.

In the end, it should be possible to produce a product in which CO₂ can be stored for many years.

05 In einem spektroelektrochemischen Aufbau werden die Eigenschaften von Photoelektroden getestet: In photoelektrochemischen Solarmodulen sollen Sie später CO₂ in Speicherprodukte umwandeln.

The performance of photoelectrons is tested in a spectroelectrochemical setup: In photoelectrochemical solar modules, they will later convert CO₂ into storage products.

06 Professorin Dr. Kira Rehfeld

07 Dr. Matthias May

Turning CO₂ into coal

Taking up the challenge, the research team developed a concept for artificial photosynthesis. “We can use light to synthesize electrochemical molecules and produce chemicals,” says May. “In this way, solar energy can be used to produce hydrogen and other high-energy fuels such as methane or alcohols.”

With their new approach, the scientists want to use artificial photosynthesis to convert CO₂ into a product that can be stored for several hundred to thousands of years. They envision that the process could take place in modules like a solar cell, in which CO₂ is filtered out of the ambient air, dissolved in an electrochemical process and separated in a highly concentrated form.

Ideally, the end product would be an easily storable substance such as coal flakes, which can be filled into empty opencast mines. Mineral oxalates that could be stored near the surface are also conceivable. In addition to unproblematic final storage, another advantage is the small area required by these “artificial trees”: “To remove ten gigatons of CO₂ per year from the atmosphere, about 30,000 square kilometers could be enough, roughly the area of Brandenburg.” In addition, the modules would require hardly any water and could also be operated in deserts.

Reduce emissions instead of removing them

However, the NETPEC project is still in its early stages. “We are active in the field of application-oriented basic research,” says Rehfeld. Currently, NETPEC is verifying the theoretical method in experimental work and testing intermediate steps and components. In the laboratory it looks like this: The researchers inject CO₂ from a bottle into a liquid electrolyte, which dissolves the CO₂, and a chemical reaction takes place at two electrodes, driven by a solar cell.

The team analyses the individual components: Which product is produced at which voltage with which electrode? Which solar cells generate enough voltage? How does the system react to parameters such as temperature and solar radiation? An important bottleneck here is the search for suitable catalysts that convert the CO₂ molecule, such as special metals in the electrolyte.

In the interdisciplinary cooperation a team from TU Darmstadt is examining the storability of possible end products, while a team from the Karlsruhe Institute of Technology is investigating sustainability. In addition to technical feasibility, political issues need to be clarified: “Apart from technical requirements and natural laws, there are other factors that influence how we solve these problems and whether there will be large CO₂ removal plants in deserts or small decentralized modules. Or even sites at old mines, where the entire process includes energy production and further processing of carbon products,” says Rehfeld. “Political decisions will play an important role in determining further developments.” Their research team is therefore also investigating potential conflicts of use.

Overall, both researchers are convinced: Reducing emissions is preferable to any method. “The sooner we completely phase out carbon-based fuels, the easier it will be to integrate smaller scale solutions with a lower environmental impact,” says Rehfeld. They cannot promise whether their research on a high-risk/high-potential method will deliver a solution. “Ideally, such technologies are not necessary,” says May. “But the way it looks right now, we will certainly need them.”

06



07

→ **Das Verbundforschungsprojekt NETPEC** – Negative Emission Technologies based on PhotoElectro-Chemical Methods – wird vom Bundesforschungsministerium (BMBF) gefördert.

→ **Ziel** ist die Entwicklung hocheffizienter photoelektrochemischer Ansätze, mit denen sich CO₂ in leicht speicherbare, sichere und nachhaltige Stoffe umwandeln lässt. Begleitend werden Klimamodellierungen, geologische Reservoir-Untersuchungen und Nachhaltigkeitsanalysen durchgeführt.

→ **Das NETPEC-Konsortium** wird von Professorin Kira Rehfeld und Dr. Matthias May (beide Universität Tübingen) geleitet. Beteiligt sind das Karlsruher KIT, das Helmholtz-Zentrum Berlin, die Technische Universität Darmstadt, die Universität Stuttgart und die Universität Ulm.

→ **The collaborative research project NETPEC** – Negative Emission Technologies based on PhotoElectro-Chemical Methods – is funded by the Federal Ministry of Research (BMBF).

→ **The aim** is to develop highly efficient photoelectrochemical approaches that can be used to convert CO₂ into easily storable, safe and sustainable substances. This work includes climate modeling, geological reservoir investigations and analyzing sustainability.

→ **The NETPEC consortium** is led by Professor Kira Rehfeld and Dr. Matthias May (both University of Tübingen). The Karlsruhe Institute of Technology (KIT), the Helmholtz-Zentrum Berlin, the Technical University of Darmstadt, the University of Stuttgart and the University of Ulm are also involved in the project.

Wir suchen Dich in Reutlingen!

Der Geheimtipp für Studenten & Absolventen (m/w/d) der MINT-Fächer, Rechtswissenschaften und Wirtschaftswissenschaften.

Du hast Lust auf eine spannende und vielseitige Tätigkeit in einer internationalen Unternehmensberatung mit flachen Hierarchien? **Kickstart your career!**

Nutze Deine Einstiegsmöglichkeiten als

- **Mathematiker (m/w/d) / Mathematischer Analyst (m/w/d)**
- **Softwareentwickler (m/w/d)**
- **Junior Analyst / Administrator (m/w/d)**
- **Junior Consultant (m/w/d)**

Interessiert?

Bewirb Dich über unser Karriereportal <https://careers.wtwco.com/> und melde Dich gerne bei uns, wenn Du Fragen hast E-Mail an: recruiting.ger@willistowerswatson.com

wtwco.com



Kostenlose Events für Studierende

Alle Termine unter www.andrena.de/fuer-studierende

Feelin' groovy!

Genieße den Lifestyle in Deiner Stadt – mit E-Autos und E-Rollern von COONO.

- ✓ EINFACH LOSFAHREN
- ✓ OHNE GEBÜHREN
- ✓ OHNE KAUTION

WWW.COONO-SHARING.DE

SHARED BY STADTWERKE TÜBINGEN

Bewirb Dich jetzt!

Als Assistenzarzt/ Assistenzärztin oder für dein Praktisches Jahr

Das Klinikum Freudenstadt als akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen bietet exzellente medizinische Versorgung in familiärer Atmosphäre an mehreren Standorten:

- In Freudenstadt wird ein Krankenhaus der Grund- und Regelversorgung mit 330 Betten inklusive Hubschrauberlandeplatz betrieben
- In Horb ergänzt eine Klinik für Geriatrische Rehabilitation mit 50 Betten das Angebot an die Patienten

An beiden Standorten werden Medizinische Versorgungszentren mit unterschiedlichen Facharztpraxen betrieben. Unser Klinikneubau gewährleistet ein freundliches und modernes Arbeitsumfeld.

Klinikum
Landkreis Freudenstadt

Wir freuen uns auf Deine Bewerbung!

ATTEMPTO!

Die Bauta-Maske aus Venedig diente zur Anonymisierung bei Wahlen und ist Namensgeberin für das Start-up, das an Optik-Blindsensoren arbeitet.

The Bauta mask from Venice was used for anonymity in elections and is the name of the start-up that is developing blind sensors.

PHOTO: pichunt, Adobe Stock

VIRTUELLE MASKE FÜR DEN DATENSCHUTZ

VIRTUAL MASKS FOR DATA PRIVACY

TEXT Stephan Köhnlein

Datenerhebung und Privatsphäre sind nicht zwangsläufig Widersprüche, finden die Tübinger Alumni Daniel Nikola und Joachim Diepstraten. In ihrem Start-up BAUTA entwickeln sie Blindsensoren für eine „menschengerechte KI“.

University of Tübingen alumni Daniel Nikola and Joachim Diepstraten believe that optical data collection does not have to invade privacy. In their start-up BAUTA, they are developing blind sensors that respect human privacy.

DE

Ohne ausdrückliche Einwilligung darf ein Mensch in der Europäischen Union nicht optisch erkennbar erfasst werden. Auch wenn Aufnahmen nachträglich anonymisiert werden, verstößt das gegen den Datenschutz. Was mancher als Wahrung der

Privatsphäre begrüßt, kann Unternehmen ziemlich ausbremsen. BAUTA, eine Ausgründung der Universität Tübingen, hat hierfür eine Lösung gefunden, wie die Gründer Daniel Nikola und Joachim Diepstraten versprechen.

Die Bauta (Betonung auf ù) ist eine weltbekannte Maske aus Venedig, die nicht nur im Karneval getragen wird, sondern vor allem im 18. Jahrhundert auch zur Anonymisierung von Menschen, etwa bei der Teilnahme an Wahlen, vorgeschrieben war. Und so erfassen die Optik-Blindsensoren des Start-ups einen Menschen, als würde er eine Maske tragen.

„Jedes erstmalig berechnete Bild ist für einen menschlichen Betrachter bereits vollständig unkenntlich“, erklärt Daniel Nikola. Der Sensor zerstört die persönlichen Informationen, bevor sie in die Hardware vordringen. Es entstünden also keine illegalen Aufnahmen, die im Nachhinein gelöscht oder unkenntlich gemacht werden müssten. Die Verwendung solcher Kameras falle damit nicht unter europäische Datenschutzgesetze.

Mit Künstlicher Intelligenz lassen sich jedoch aus den verstümmelten Bildern noch Informationen auslesen. „KI-Algorithmen nehmen anders wahr als wir Menschen“, sagt Nikola. „Sie können anonyme Aussagen treffen – etwa über die Zahl und Aufenthaltsdauer der Personen auf dem Bild oder über grobe demografische Daten wie die ungefähre Altersgruppe.“

Nicht länger Wettbewerbsnachteile

Der strenge Datenschutz in Europa beschert uns mehr Privatsphäre als anderswo. Zugleich bringt er Unternehmen oft Nachteile im weltweiten Wettbewerb. „Viele Branchen in Europa dürfen nicht, was weltweit mit etwa einer Milliarde Kameras gemacht wird“, sagt Nikola. Dabei sind die Daten wichtig und wertvoll für Planung und Erfolgskontrolle: Wie viele Menschen bleiben zum Beispiel vor einer Außenwerbung stehen? Wie lange verharret ein potenzieller Kunde vor einem Warenaufsteller im Einzelhandel?

Doch die Einsatzbereiche für die BAUTA-Kameras sind weit größer, wie Joachim Diepstraten erklärt. „Optik-Blindsensoren helfen nicht nur dem Werbemarkt. Sie kön-

nen zum Beispiel auch bei Smart-City-Visionen eingesetzt werden, um Städte effizienter, technologisch fortschrittlicher oder ökologischer zu gestalten.“ Weitere mögliche Anwendungen liegen in Mobilitätsmessungen oder bei der Optimierung der Produktion in der Industrie.

Gründerstipendium half beim Start

Diepstraten ist promovierter Informatiker, Nikola hat Betriebswirtschaftslehre studiert. Kennengelernt haben sie sich bei einem Start-up-Inkubator. Mit ihren ursprünglichen Ideen kamen sie dort zwar nicht weiter, aber auf der Folgeveranstaltung ein Jahr später fanden sie die Inspiration für BAUTA. Das war im Jahr 2020.

Sie erhielten ein Exist-Gründerstipendium an der Universität Tübingen unter der Projektbegleitung von Juniorprofessorin Wiebke Keller. Das Stipendium unterstützt Studierende, AbsolventInnen



EN

Without explicit consent, a person may not be identified using optical recognition technology in the European Union. Even if recordings are subsequently anonymized, it would still violate privacy laws. What some welcome as

privacy protection can slow companies down quite a bit. BAUTA, a University of Tübingen start-up, has found a solution, as the founders Daniel Nikola and Joachim Diepstraten promise.

The Bauta is a world-famous Venetian mask, which was not only worn at the city carnival, but especially in the 18th century for protecting people's privacy in elections. Blind sensors developed by BAUTA recognize people as if they are wearing a mask.

“From the first time an image is analyzed, it is already completely unrecogniz-

able for a human observer,” explains Daniel Nikola. The sensor removes personal data before it can reach the hardware. This avoids illegal recordings that would have to be deleted or made unrecognizable afterwards. The use of such cameras is therefore not restricted by European data protection and privacy laws.

With artificial intelligence, however, information can still be gained from the masked images. “AI algorithms perceive differently than we humans do,” says Nikola. “They can analyze masked data and determine factors such as the number and length of stay of the people in the image or rough demographic data such as the approximate age group.”

01 Das berechnete Bild wird von den Sensoren unkenntlich gemacht, persönliche Daten können nicht weitergegeben werden.
The calculated image is rendered unrecognizable by the sensors, personal data cannot be shared.

PHOTO: BAUTA

Eliminating competitive disadvantages

Strict data protection in Europe gives us more privacy than anywhere else. At the same time, it often puts companies at a disadvantage in global competition. “Many industries in Europe are banned from doing what around one billion cameras are doing elsewhere in the world,” says Nikola. Data gathered by cameras is important and valuable for planning and monitoring: How many people stop in front of an outdoor advertisement? How long does a potential customer stay in front of a retail display?

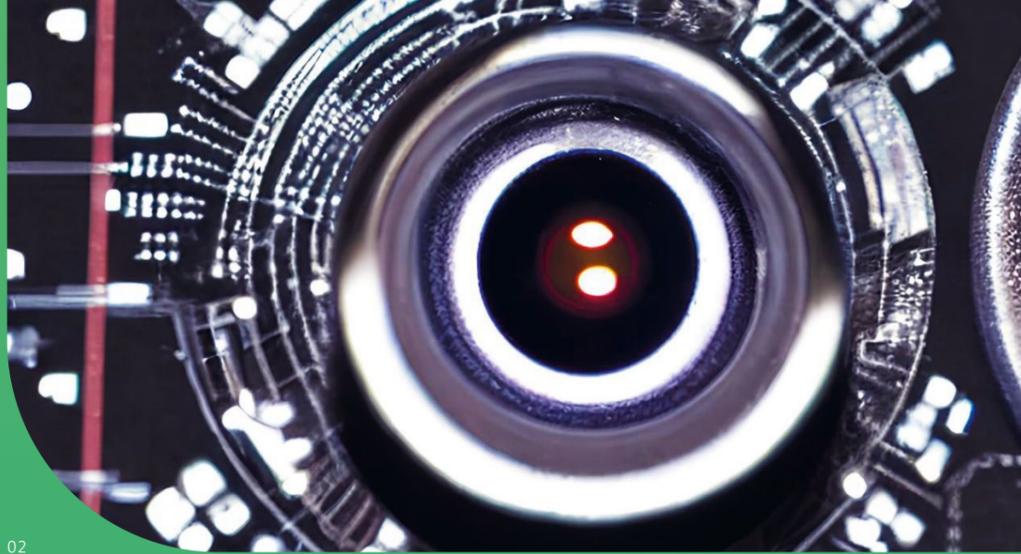
But the BAUTA cameras have a much wider scope, as Joachim Diepstraten explains. “Blind sensors not only help the advertising market. They can also be used in smart city designs to make cities more efficient, technologically advanced or more environmentally friendly.” Further applications include measurements in mobility or optimizing production in industry.

Start-up scholarship helped to launch BAUTA

Diepstraten holds a doctorate in computer science and Nikola studied business administration. They met at a start-up incubator. Although their original ideas did not get off the ground, they found inspiration for BAUTA at the following event a year later. That was in 2020.

They received an EXIST start-up grant at the University of Tübingen under the





02

”
Optik-Blindsensoren helfen nicht nur dem Werbemarkt. Sie könnten beispielsweise auch für Smart-City-Visionen eingesetzt werden und Städte effizienter und ökologischer gestalten.

Blind sensors not only help the advertising market. They can also be used in smart city designs to make cities more efficient and environmentally friendly.

“

oder Forschungsteams finanziell bei den ersten Schritten zum eigenen Unternehmen. Der Input war in dieser Anfangsphase ein entscheidender Faktor zum Erfolg. „Die Zusammenarbeit mit den Gründern empfand ich als Professorin wertvoll. Es war toll zu sehen, wie meine wissenschaftliche Perspektive und Beratung direkt Einfluss auf den Weg des Start-ups nahm“, sagt Wiebke Keller.

„Für Start-ups gibt es immer wieder Stolpersteine und Verzögerungen“, sagt Diepstraten. „Die Bewerbung für ein EXIST-Stipendium kann ich jedem nur empfehlen. Es macht einen Riesenunterschied, wenn man sich ein Jahr lang ohne großen finanziellen Druck auf sein Unternehmen konzentrieren kann.“

Internationaler Markt vielversprechend

Gerade wenn das Projekt wie bei BAUTA von einer zuverlässigen Hardware abhängt, brauche es Geduld. „Wir sind im April 2022 mit unserer Kleinserie gestartet“, erzählt Diepstraten. „Rechtlich konnten wir erst in den öffentlichen Raum gehen, als die Hardware funktionierte.“ Seitdem befindet sich BAUTA in der Pilotphase, lotet die Anforderungen der Kunden und des Marktes aus. Ziel ist der Aufbau einer Serienproduktion und einer Vertriebs-Plattform.

Die internationalen Perspektiven für ihr Unternehmen sieht Diepstraten optimistisch. Sogar in den beim Datenschutz eher freizügigen USA bewege sich einiges. „US-Staaten wie Kalifornien verschärfen das Recht und nähern es dem europäischen an.“ Doch selbst wenn eine Anonymisierung von Aufnahmen nicht gesetzlich gefordert sei, könne das ein Verkaufsargument sein. „Ein Unternehmen signalisiert den Menschen damit Vertrauenswürdigkeit, weil es mit den Daten nicht in die Privatsphäre eingreift. Damit kann es sich von der Konkurrenz abheben.“

02 Die Sensoren sollen auch den internationalen Markt erobern.
 The sensors are also expected to conquer the international market.

03 BAUTA-Gründer Daniel Nikola und Joachim Diepstraten
 The founders of BAUTA: Daniel Nikola and Joachim Diepstraten

PHOTOS: BAUTA

project supervision of assistant professor Wiebke Keller. The scholarship financially supports students, graduates or research teams in their first steps toward their own company. This input was critical to the success of the initial phase. “Working with the founders was valuable to me as a professor. It was great to see how my scientific perspective directly influenced the path of the start-up,” says Wiebke Keller.

“There are always stumbling blocks and delays for start-ups,” says Diepstraten. “I can recommend applying for an EXIST grant to anyone. It makes a huge difference if you can focus on your company for a year without much financial pressure.”

Promising international market

Projects like BAUTA, that need dependable hardware, require time and patience. “We produced a limited number of hardware units in April 2022,” says Diepstraten. “Legally, we could only operate in public spaces with functional hardware.” Since then, BAUTA has been in the pilot phase, exploring customer and market requirements. The aim is to develop batch production and a sales platform.

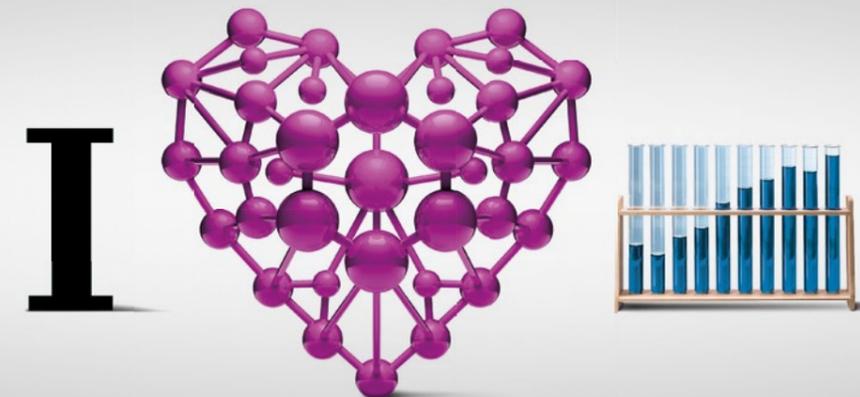
Diepstraten is optimistic about the international prospects for their company. Even in the USA, which is more permissive in terms of data protection, the situation is developing dynamically. “US states like California are tightening the law and moving closer to European standards.” But even if anonymization of recordings is not required by law, it could be a selling point. “Companies, who opt to use technology that protects privacy, have a competitive advantage, as they might be seen as more trustworthy.”

03



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



FACHKRÄFTEMANGEL UND ARBEITSMIGRATION

SHORTAGE OF SKILLED WORKERS AND LABOR MIGRATION

DE **attempto!: Warum scheint der Fachkräftemangel jetzt besonders drängend?**

Cecilia Bruzelius Nicht nur Deutschland geht es so, viele reiche Länder suchen jetzt händeringend nach Arbeitskräften. Es geht nicht nur um hochqualifizierte Jobs – betroffen sind auch die Gastronomie und Hotellerie, der Verkauf, die Tourismusbranche und der Gesundheitssektor. Die Pandemie hat ihren Anteil, in vielen Ländern haben die Menschen Jobs verloren oder sind nach einer Kündigung nicht mehr an den Arbeitsplatz zurückgekehrt. Möglicherweise haben sie sich in den Lockdowns eine sichere Anstellung in Bereichen gesucht, die weniger davon betroffen waren.

Während der Grenzsicherungen kehrten auch viele Migranten in ihre Heimatländer zurück, beispielsweise von Deutschland wieder nach Osteuropa. Und dann spüren wir natürlich den demografischen Wandel, gerade in reichen Ländern, der schon lange auf uns zukam. Die Pandemie hat solche Entwicklungen vermutlich befeuert.

Kann Deutschland die Lücke durch internationale Arbeitskräfte schließen?

CB Westliche Gesellschaften hängen ohnehin bereits stark von Arbeitsmigration ab, das haben wir in der Pandemie gesehen: Während der Grenzsicherungen wurde deutlich, dass wir auf die internationalen Arbeitskräfte in Landwirtschaft und im Gesundheitssystem nicht verzichten können. Die Zeiten, in denen Zuwanderung nur negativ besetzt war, sind vorbei. Deshalb wird Arbeitsmigration eine Strategie bleiben. Eine weitere wäre, mehr hier lebende Menschen in Arbeit zu bringen.

Für Arbeitsmigration braucht es aber eine Langzeitstrategie, das funktioniert nicht wie ein Wasserhahn, den man bei Bedarf auf- und zudreht. Deutschland steht in Konkurrenz mit anderen Ländern: Um Arbeitskräfte zu gewinnen, wäre es hilfreich, Bürokratie und „Papierkram“ abzubauen. Es dauert zu lange, bis Qualifikationen aus dem Ausland anerkannt werden. Aus meiner Sicht sollte zudem besser sichergestellt werden, dass Arbeitskräfte fair bezahlt und behandelt werden. In Bereichen, in denen Migranten überrepräsentiert sind – etwa in der

Landwirtschaft oder Altenpflege in Privathaushalten –, gibt es kaum Kontrollen. Der Staat schaut wegen des Arbeitskräftemangels weg und ist so an der Ausbeutung beteiligt. Nur auf niedrige Lohnkosten zu setzen und die Durchsetzung von Arbeitsrechten zu vernachlässigen ist keine gute Langzeitstrategie.

Wo liegen die Vorteile, wo die Nachteile, wenn wir uns auf Arbeitsmigration verlassen?

CB Aus ökonomischer Sicht spricht auch unter anderem die deutsche Regierung vom „Triple Win“: Das Zielland profitiert durch Arbeitskräfte, die Migranten durch Einkommen und ihr Herkunftsland, wenn Geld nach Hause überwiesen wird. Das ist auch in der EU eine wichtige Einnahmequelle, beispielsweise tragen in Kroatien und Rumänien solche Einnahmen wesentlich zum Bruttoinlandsprodukt bei.

Aus meiner Sicht wird in der Politik sehr wenig über problematische Aspekte gesprochen. Mit gezielter Anwerbung, z.B. von Gesundheitspersonal, nähren wir den Fachkräftemangel im Herkunftsland. Das gilt auch innerhalb der EU: dann ist zu lesen, dass in Rumänien pensionierte Ärzte Krankenhäuser leiten, weil deren Kollegen abgewandert sind. Solche Aspekte sollten ehrlicher reflektiert werden.

Arbeitsmigration ist keine eindimensionale Angelegenheit, und in einer guten Langzeitstrategie könnte man über Kooperationen nachdenken: Länder bilden gemeinsam aus und profitieren gemeinsam. Reiche Mitgliedstaaten gewinnen zweifelsfrei durch die Freizügigkeit in der EU, aber es gibt nur nationale Gesundheits- und Wohlfahrtsysteme – das wirft aus Sicht der Politikwissenschaft Fragen auf.

→ **Cecilia Bruzelius** ist seit 2019 Juniorprofessorin für europäische öffentliche Politik an der Universität Tübingen. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Migration und Sozialpolitik in der Europäischen Union, mit einem Schwerpunkt auf der Freizügigkeit und den sozialen Rechten von Migranten.

→ **Cecilia Bruzelius** is Junior Professor of European Public Policy at the University of Tübingen since 2019. Her research focuses on migration and social policy in the European Union, with a focus on free movement and migrants' social rights.

EN

attempto!: Why does the shortage of skilled workers seem particularly urgent now?

Cecilia Bruzelius Many wealthy countries are facing a familiar situation to Germany with a shortage of workers. Rather than just specialists and highly skilled workers proving hard to find, the workforce in hospitality, sales, tourism and health is also increasingly depleted. The pandemic is partly responsible, in many countries people have lost or quit jobs and have apparently not returned. They may have sought secure employment in sectors that were less affected during the lockdowns.

While borders were closed, many migrant workers returned to their home countries, for example from Germany back to Eastern Europe. And then, of course, there is demographic change, especially in wealthier countries, which has been heading our way for a long time. The pandemic has probably fueled such developments.

Can Germany solve this situation with migrant workers?

CB Western societies are already heavily dependent on labor migration, as we have seen in the pandemic: During the border closures, it became clear that we cannot do without the international workforce in agriculture and the health care system. The days when migration had only negative connotations are over, relying on migrant workers will remain a strategy. Another strategy is to get more people living in Germany into work.

But labor migration needs a long-term strategy, it's not a tap that you can turn on and off as desired. Germany is in competition with other countries: to attract workers, it would be helpful to reduce bureaucracy and paperwork. It takes too long to recognize qualifications from abroad. In my view, it should also be ensured that workers are paid and treated fairly. In areas where migrant workers are over-represented, such as agriculture or care for the elderly in private households, there are often very few inspec-

tions. The state ignores exploitation, perhaps because of labor shortage, and thus makes itself an accomplice. Relying on low-cost labor and neglecting to enforce worker's rights is not a workable long-term strategy.

What are pros and cons of relying on migrant workers?

CB From an economic point of view, we can call this a “triple win”: The target country benefits from the workforce, migrants benefit from income and their country of origin benefits when money is transferred home. This is also an important source of income in the EU, for example in Croatia and Romania, such revenues contribute significantly to gross national product.

In my view, very little is said in politics about the problematic aspects of labor migration. Targeted recruitment, such as in the health sector, worsens the shortage of skilled workers in the country of origin. This also applies within the EU: In Romania there are reports of retired doctors running hospitals because the skilled workers have migrated. Such aspects should be reflected more honestly.

Labor migration is not a one-dimensional matter and in a good long-term strategy, partnerships might be considered: Countries train together and benefit together. Wealthier member states undoubtedly gain by free movement in the EU but there are only national health and welfare systems – which raises an important question in policy research.

PHOTO: privat





PHOTO: enot-poloskun, iStockphoto



PHOTO: Katerina Harvati

Ewig leben im digitalen Raum

→ Was geschieht nach dem Tod mit unseren digitalen Daten? Dürfen Unternehmen weiter daran verdienen, sollen Daten als Erinnerung erhalten bleiben und werden wir als Avatare gar unsterblich? Ein Tübinger Ethik-Projekt beschäftigt sich mit den mittlerweile zahlreichen Möglichkeiten der „Digital Afterlife Industry“.

Living Forever in the Digital Afterlife

→ What happens to our digital data after we die? Are companies allowed to continue earning money from it? Should data be preserved as a memory, or will we even become immortal as avatars? An ethics project at the University of Tübingen examines the new possibilities offered by the digital afterlife industry.

Die ersten Schritte des modernen Menschen

→ Die Ausbreitung des Homo sapiens bleibt rätselhaft: Vermutlich war sie ein dynamischer Prozess der Verbreitung von Populationen und des Kontakts menschlicher Abstammungslinien, im Einklang mit den Klimaschwankungen des Pleistozäns. Paläoanthropologen aus Tübingen und Ravenna führen nun neue Untersuchungen in Südosteuropa und Italien durch, um ein umfassenderes Bild vom Ursprung des modernen Menschen zu gewinnen.

The first Steps of Modern Humans

→ The expansion of Homo sapiens remains enigmatic: It is hypothesized to be a dynamic process of population expansions and contact among human lineages, in concert with the Pleistocene climatic oscillations. Paleoanthropologists from Tübingen and Ravenna are conducting new research in South-Eastern Europe and Italy to gain a more comprehensive picture of the origin of modern humans.

IMPRESSUM | IMPRINT

attempto! ist das Magazin der Eberhard Karls Universität Tübingen

Herausgeber Professorin Dr. Karla Pollmann
Redaktion Antje Karbe, Dr. Karl Guido Rijkhoek (verantwortlich)
Übersetzung Daniel McCosh
Titelfoto Jonny McKenna, unplash
Layoutkonzeption In Medias Rees Werbeagentur
Redesign & Satz Daniela Leitner, Design trifft Wissenschaft
Lektorat Korrekturbüro Burger, www.korrekturburger.de
Druck ABT Print und Medien GmbH

Auflage 7.500 Exemplare, gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier
Anzeigen vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg
ISSN 1436-6096
Adresse Eberhard Karls Universität Tübingen, Hochschulkommunikation
 Wilhelmstr. 5, 72074 Tübingen

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



www.klocke.com

ANZEIGE | ADVERTISEMENT

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



**Für dich,
 weil Du zählst.**

Du möchtest Ideen vorantreiben und über dich hinauswachsen? Wir suchen einzigartige Talente, die die Zukunft gestalten, Innovationen vorantreiben und die Versicherungsbranche revolutionieren. Ganz gleich, ob Trainee oder Direkt-einstieg, die Allianz bietet dir vielfältige Karrieremöglichkeiten, um dein volles Potenzial zu entfalten. Werde auch du Teil der Allianz.

Join us. Let's care for tomorrow.

CAREERS.ALLIANZ.COM



ITZ THE MIND- SET

*Zeitgenössisches Theater
mitten in der Altstadt*

- Theaterbar vor und nach der Aufführung
- Open Space im Theaterfoyer / Neckarterrasse
Mi-Sa 16-18.30 Uhr



itz-tübingen.de



IM TÜBINGER
ZIMMERTHEATER