

ITZ NO DRAMA, BABY!

SPIELZEITSTART 12. OKTOBER 2019



**ZEITGENÖSSISCHES THEATER
MITTEN IN DER TÜBINGER ALTSTADT
IMMER DONNERSTAGS-SAMSTAGS
UM 20 UHR.**

Mittwochs sITZung
Get together mit Künstler*innen und Referent*innen
Theaterbar und Abendkasse ab 19 Uhr

Open Space

Immer mittwochs und samstags von 11–13 Uhr
und donnerstags und freitags 16–18 Uhr
sind Theaterfoyer und Terrasse zum Lesen,
Recherchieren und Diskutieren geöffnet.



www.itz-tübingen.de



**INSTITUT FÜR THEATRALE
ZUKUNFTSFORSCHUNG**
IM ZIMMERTHEATER TÜBINGEN

ATTEMPTO!

Ausgabe Issue → 51 | 2019
Forschungsmagazin der
Universität Tübingen
University of Tübingen magazine

Der Schlaf der Schnecken
How Slugs Sleep

**Mittelalter trifft
auf Virtual Reality**
Medieval Music Arrives
in Virtual Reality

Die Black Box hat ausgedient
An End to the Black Box

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN





PJ IM KLINIKVERBUND SÜDWEST - EINE GUTE IDEE!

PROF. DR. MARTIN GÖTZ IST PJ-BEAUFTRAGTER DES KLINIKUMS SINDELFINGEN-BÖBLINGEN. ER WEISS: EINE GUTE AUSBILDUNG MACHT DEN ATTRAKTIVEN ARBEITGEBER

Prof. Götz ist Chefarzt der Medizinischen Klinik IV Gastroenterologie/Onkologie am Klinikum Sindelfingen-Böblingen. Er ist gewählter Vorsitzender der Sektion Endoskopie der DGVS und Kongresspräsident der Viszeralmedizin 2022, außerdem Autor mehrerer Leitlinien in der Gastroenterologie, er hat auch eigene Behandlungsverfahren entwickelt. Als Professor der Universität Tübingen pflegt er engen Kontakt zu Studierenden und weiß um deren Anliegen.

Herr Prof. Götz, worauf sollte man, wenn man eine PJ-Stelle sucht, achten? Dass man die Chance bekommt, wirklich viel zu lernen, auch und gerade in der Praxis! Am besten ist es, viel selbst machen zu dürfen, unter sorgfältiger, geduldiger und umfassender Anleitung. Ein weiteres Kriterium ist die Frage, wie breit eine Disziplin aufgestellt ist. Bei uns zum Beispiel erlebt der PJ-Student bzw. die Studentin eine sehr breit aufgestellte Innere Medizin, inkl. Notaufnahme, Intensivmedizin, gemeinsam mit Anästhesie, Gastroenterologie, Onkologie, Pneumologie und Diabetologie. Eine gute PJ-Stelle ist auch an der Zertifizierung der PJ-Klinik durch die Fachgesellschaft zu erkennen.

Was macht den Klinikverbund Südwest für einen PJler attraktiv? Zunächst: Hier im Verbund bieten wir PJ-Fortbildungen in allen Fächern an, das ist schon mal sehr gut. Die Studen-

ten können außerdem an Simulatoren trainieren, beispielsweise in der Endoskopie. Aber auch die Atmosphäre in den Verbundhäusern spricht für uns – es gibt ein kollegiales Miteinander über die Fachgrenzen hinweg – davon profitieren auch unsere Studenten.

Sie entwickeln das Fachgebiet der Gastroenterologie aktiv mit und setzen selbst höchste Ansprüche. Worauf achten Sie bei der Auswahl der PJ-Studenten? Ob Eigeninitiative gezeigt wird, das ist für mich sehr wichtig. Ich freue mich, wenn ich merke, dass ein echtes Interesse besteht. Ob das jetzt die ganze Innere Medizin umfasst oder Schwerpunkte – und Motivation wird immer zurückgespiegelt! Wichtig ist mir außerdem die Bereitschaft, interdisziplinär zu denken und zu arbeiten – heute eine grundlegende Voraussetzung für gute Medizin.

Wie können PJ-Stellen-Suchende schon vorab einmal Kontakt mit dem Verbund aufnehmen? Am Einfachsten ist es, übers Internet die richtige Kontaktperson zu suchen. Für das Klinikum Sindelfingen-Böblingen bin ich als PJ-Beauftragter der erste Ansprechpartner. Einfach mal unter www.klinikverbund-suedwest.de schauen, da finden sich außerdem viele interessante Informationen, auch über unser Lehrkrankenhaus Kliniken Nagold.

Ihre Vergünstigungen im PJ bei uns

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

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



Klinikverbund
Südwest

Kliniken Sindelfingen
Arthur-Gruber-Str. 70
71065 Sindelfingen
Tel.: 07031 98-0
www.klinikverbund-suedwest.de

Liebe Leserin, lieber Leser,

//_____ die Universität Tübingen bleibt weiterhin „Exzellenzuniversität“. Über diesen Erfolg freuen wir uns sehr, die zusätzlichen Mittel im Rahmen der Exzellenzstrategie (kurz: ExStra) eröffnen Möglichkeiten für viele „Extras“: Vielversprechende Forschungsfelder können schneller ausgebaut werden. In Forschung wie auch Lehre will sich die Universität stärker globalen Fragestellungen zuwenden und in aktuelle Debatten einbringen. Unter anderem verknüpft die geplante Forschungsplattform „Global Encounters“ Geistes- und Sozialwissenschaftler, die sich mit den Auswirkungen von Globalisierung und Mobilität befassen. Zusätzliche Unterstützung gibt es auch für Start-ups: Mit einem Innovationszentrum bietet die Universität eine Infrastruktur, mit der sich wissenschaftliche Erkenntnisse zu neuen Dienstleistungen und Produkten weiterentwickeln lassen.

Diese Ausgabe gibt wieder Einblick in die vielfältige Forschungslandschaft der Universität Tübingen. Unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beschäftigen sich unter anderem mit den Fragen, wie Algorithmen transparenter und robuster werden können und wie sich aus dem Mikrobiom einer Pflanze die Pestizide der Zukunft entwickeln lassen. _____//

Viel Vergnügen bei der Lektüre!

Professor Dr. Peter Grathwohl

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



Photo: Friedhelm Albrecht

Dear reader,

//_____ The University of Tübingen remains a “University of Excellence”. We are very pleased about this success, and additional funding from the Excellence Strategy opens up many opportunities: Promising fields of research can be expanded more quickly. In both research and teaching, the university intends to focus more on global issues and contribute to current debates. The planned research platform “Global Encounters” links humanities and social scientists who deal with the effects of globalization and mobility. Additional support is also available for start-ups: The Innovation Center provides an infrastructure for transferring scientific findings into new services and products.

This issue provides an insight into the diverse research fields at the University of Tübingen. Our scientists are working on questions such as how algorithms can be made more robust and transparent and how plant microbiomes can help develop new pesticides. _____//

We hope you enjoy reading!

08

Mikroben im Dienst der Landwirtschaft Microbes at the Service of Agriculture

→ Pestizide der Zukunft: Biologen untersuchen, wie sich Mikroorganismen in der Landwirtschaft für die Bekämpfung schädlicher Pilze und Bakterien einsetzen lassen.
// Pesticides of the future: Biologists are investigating how microorganisms can be used in agriculture to combat harmful fungi and bacteria.

Photo: Gunther Willinger

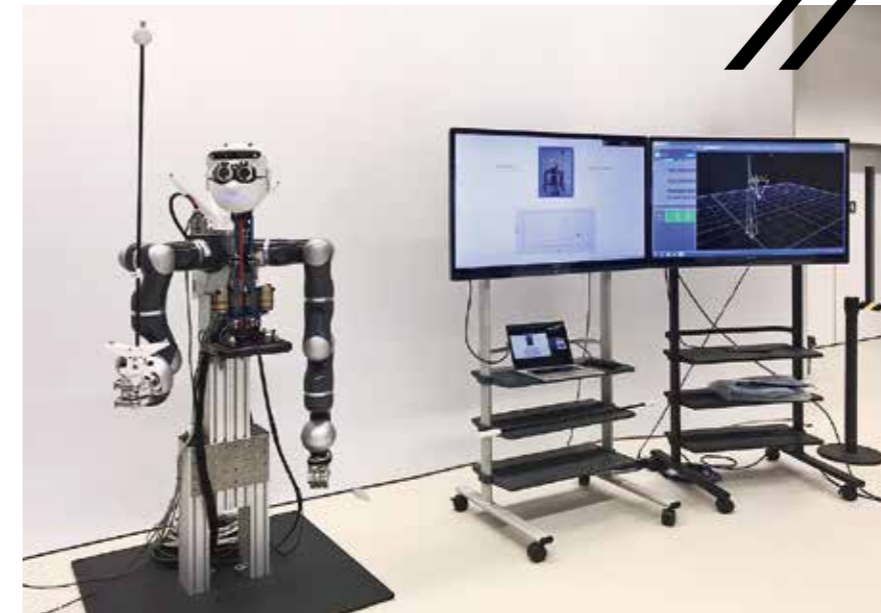


36

Der Schlaf der Schnecken How Slugs Sleep

→ Warum schlafen wir? Albrecht Vorster will Licht ins Dunkel bringen, indem er den Schlaf der Meeresschnecke *Aplysia californica* erforscht.
// Why do we sleep? Neurobiologist Albrecht Vorster hopes to shed some light onto how the Californian sea hare *Aplysia californica* sleeps.

Photo: iStock.com/spiderment



16

Die Black Box hat ausgedient An End to the Black Box

→ Philipp Hennig arbeitet an der Optimierung von Algorithmen: Wie können lernende Computerprogramme besser trainiert werden und zuverlässigere Ergebnisse liefern?
// Philipp Hennig is optimizing algorithms and analyzing how machines can learn to achieve better results.

Photo: Patrick Junker/MPI-IS



26

Mittelalter trifft auf Virtual Reality Medieval Music Arrives in Virtual Reality

→ Hörerlebnis aus dem Mittelalter: Im Projekt „Sacred Sound“ rekonstruieren Musikwissenschaftler zerstörte Kirchenräume virtuell und machen den Klang alter Mönchsgesänge erlebbar.
// The sound of the Middle Ages: In the project “Sacred Sound” musicologists are reconstructing historical churches in virtual reality to bring sounds of the past back to life.

Photo: Valentin Marquardt

- 03 Editorial
- 04 Inhalt
Contents

→ FORSCHUNG RESEARCH

- 06 Kurzmeldungen
Research News in Brief
- 08 Mikroben im Dienst der Landwirtschaft
- 13 Microbes at the Service of Agriculture
- 16 Die Black Box hat ausgedient
- 21 An End to the Black Box
- 26 Mittelalter trifft auf Virtual Reality
- 31 Medieval Music Arrives in Virtual Reality
- 36 Der Schlaf der Schnecken
- 41 How Slugs Sleep

→ DREI FRAGEN ZU ... THREE QUESTIONS ON ...

- 44 Menschenrechten
Human Rights
- 46 Ausblick | Impressum
Outlook | Imprint

Kurzmeldungen

Research News in Brief

01

Frauen in Chefetagen tun Unternehmen gut

Female Executives Are Good for Business

→ Unternehmen, die viele Frauen in Führungspositionen beschäftigen, gelingt es besser, Risiken zu senken und nachhaltigen Erfolg sicherzustellen. Dies wird besonders deutlich, wenn untersucht wird, wie sich die Zahl der weiblichen Führungskräfte auf den Wert des gesamten Unternehmens auswirkt. Die Wirtschaftswissenschaftler Jan Riepe und Philip Yang analysierten anhand von Marktpreisen börsennotierter Unternehmensanleihen die Wechselwirkung zwischen dem Frauenanteil in Kontrollgremien, dem Unternehmensrisiko und der Unternehmensverschuldung. Dabei konnten sie zeigen, dass Unternehmensanleihen umso mehr Wert gewinnen, je mehr Frauen in den Gremien vertreten sind. Mit diesen Erkenntnissen wiederholten sie zwei Studien, die einen negativen Effekt von Frauenquoten nur auf den Aktienwert zeigten, und kamen zu einem neuen, positiven Ergebnis für das gesamte Unternehmen. Die Ergebnisse stärken das „Business Case“-Argument: Geschlechtervielfalt ist gut für Wirtschaft wie auch Unternehmen.

// Companies that employ women in management positions are more capable of reducing risks and ensuring sustainable success. This is particularly evident when analyzing how the number of female managers affects the value of a company as a whole. Economists Jan Riepe and Philip Yang examined the market prices of corporate bonds to identify connections between the proportion of female executives in supervisory bodies, corporate risk, and the value of corporate debt. They found that corporate bonds increase in value when the proportion of women is greater. With these findings, they also replicated two older studies on the subject and arrived at a new, positive result with regard to a greater quota of women as beneficial to the whole of the economy as well as business.



Weibliche Führungskräfte sind gut für den Erfolg eines Unternehmens.
// Female executives are good for a company's success.

Photo: iStock.com/fzkes



Die 4.000 Jahre alten Malereien wurden in einem Palast aus der Bronzezeit entdeckt. // The 4,000-year-old murals were discovered in a Bronze Age palace.

Photo: Tell el-Burak Excavation Project

02

Wandmalerei im Libanon fast 4.000 Jahre erhalten

Murals Preserved in Lebanon for Almost 4,000 Years

→ Archäologen aus Tübingen und Beirut haben die ältesten großflächig erhaltenen Wandmalereien im Vorderen Orient dokumentiert. Jens Kamlah vom Biblisch-Archäologischen Institut und seine Kooperationspartner hatten die Malereien 2005 in Palastruinen aus der Bronzezeit bei Tell el-Burak (Südlibanon) entdeckt. Wie sich bei der Freilegung, Konservierung und Analyse herausstellte, handelt es sich um eine frühe Entwicklungsstufe der Fresko-Malerei (ca. 1900 v. Chr.) und somit um den ältesten bekannten Beleg für eine Vorform dieser Maltechnik im Mittelmeerraum. Die Motive, u.a. eine Jagdszene, eine Prozession und ein Lebensbaum, sind aus der altorientalischen und ägyptischen Bildsprache bekannt. Auch der verwendete Farbstoff „Ägyptisch Blau“ deutet auf einen frühen kulturellen Austausch zwischen dem heutigen Südlibanon und dem Pharaonenreich hin. Die Malereien blieben erhalten, weil der Raum circa 1800 v. Chr. mit Sand, Kies und Lehm verfüllt wurde – vermutlich zur Stabilisierung des Gebäudes.

// A team of archaeologists from Tübingen and Beirut has documented the oldest extensively preserved murals in the Middle East. Jens Kamlah of the Institute of Biblical Archeology and his team had discovered the paintings in 2005 in the ruins of a Bronze Age palace near Tell el-Burak in southern Lebanon. This find is the earliest known evidence of a preliminary form of fresco painting from around 1900 BC in the entire Mediterranean region. The motifs, including a hunting scene, a procession and a tree of life, are known from ancient Near Eastern and Egyptian iconography. The color “Egyptian blue” was also used, which indicates early cultural exchange between today's southern Lebanon and the Egyptian Empire at that time. The paintings were preserved on a large scale because the room was filled with sand, gravel and soil around 1800 BC – probably to stabilize the building.

03

Meteoriten brachten Wasser auf die Erde

Meteorites Brought Water to Earth

→ Dass die Erde zu einem bewohnbaren Planeten wurde, verdanken wir möglicherweise Meteoriten. Diese These stützt eine von den Geochemikern Maria Isabel Varas-Reus und Stephan König geleitete Studie. In dieser schließen sie, dass wesentliche Anteile von Wasser, Kohlenstoff und Stickstoff erst zu einem späten Zeitpunkt der Erdentwicklung über Meteoriten aus dem äußeren Sonnensystem auf die Erde kamen. Diese Stoffe sind für die Entstehung von Leben in seiner heutigen Form unentbehrlich. Den Nachweis führt das Team über Isotope des Elements Selen, deren Signatur es über eine jüngst in Tübingen entwickelte Methode analysieren kann. Selen wurde in der Frühgeschichte der Erde wegen seines eisenliebenden Verhaltens dem Erdmantel entzogen und ging in den Eisenkern. Die heute im Erdmantel gefundenen Selenisotope müssen daher nach der Kernbildung auf die Erde gelangt sein. Ihre Signatur verrät, dass sie aus bestimmten Meteoriten, den kohligten Chondriten, stammen. Als sie auf der Erde einschlugen, brachten sie Selen mit – und große Mengen der lebensnotwendigen Stoffe.

// We may have meteorites to thank for making the Earth a habitable planet. A study led by the geochemists Maria Isabel Varas-Reus and Stephan König supports this thesis. Their findings indicate that substantial quantities of water, carbon, and nitrogen only came to Earth via meteorites from the outer solar system at a later stage of the Earth's development. These substances are indispensable for creating and sustaining life as we know it. The scientists made this discovery by analyzing selenium isotopes in rocks derived from the Earth's mantle using a method recently developed at Tübingen. Selenium, as an iron-loving element, sank from the mantle to the inner core during the Earth's early formation. The selenium isotopes found today in the Earth's mantle must therefore have reached the planet after the core was formed. The signature of these isotopes reveals that they originated from meteorites known as carbonaceous chondrites. When these meteorites collided with the Earth, they brought selenium – and large quantities of the substances needed to support life.



Meteoriten brachten lebenswichtige Stoffe auf die Erde.
// Meteorites brought vital substances to earth.

Photo: iStock.com/Marharyta Marko



Spiegelmodule für eROSITA: In jedem befindet sich eine eigens entwickelte, hochempfindliche Röntgenkamera. // Mirror modules for eROSITA: Each contains a specially developed, highly sensitive X-ray camera.

Photo: P. Friedrich/MPE

04

Röntgenteleskop eROSITA ins All gestartet

eROSITA X-ray Telescope Launched into Space

→ Das Röntgenteleskop eROSITA ist im Juli ins All gestartet: Das Tübinger Institut für Astronomie und Astrophysik war an Entwicklung und Bau des Teleskops beteiligt, das von einem russisch-deutschen Satelliten in seine 1,5 Millionen Kilometer entfernte Laufbahn gebracht wird. Von dort durchmusterst es vier Jahre lang den Röntgenhimmel und erstellt die erste vollständige Himmelskarte im mittleren Röntgenbereich. Dabei sammelt eROSITA Informationen zu etwa 100.000 Galaxienhaufen, mehreren Millionen aktiven supermassereichen Schwarzen Löchern sowie zu seltenen Objekten wie isolierten Neutronensternen. „Wir lernen dabei mehr über unsichtbare und schwer nachweisbare Bestandteile des Universums, wie die ‚dunkle Energie‘ und die ‚dunkle Materie‘“, erklärt Astrophysiker Andrea Santangelo. Die Tübinger hatten mechanische Teile sowie Teile der Software und Firmware zur Analyse der wissenschaftlichen Daten entwickelt. Sie werden auch an der Analyse der Beobachtungen beteiligt sein.

// The eROSITA X-ray telescope was launched into space in July: The Institute for Astronomy and Astrophysics at the University of Tübingen was involved in the development and construction of the telescope, which will be brought into its orbit 1.5 million kilometers away by a Russian-German satellite. eROSITA will survey the sky for four years and produce the first complete celestial map in the mid X-ray range. The telescope will also collect information on around 100,000 galaxy clusters, several million active supermassive black holes and rare objects such as isolated neutron stars. “We hope to learn more about invisible and difficult to detect components of the universe, such as dark energy and dark matter”, explains astrophysicist Andrea Santangelo. Tübingen scientists developed mechanical parts for the project, as well as software and firmware components for analyzing scientific data. They will also be involved in evaluating data from the telescope.



Mikroben im Dienst der Landwirtschaft

Microbes at the Service of Agriculture

TEXT
Mareike Schlotterbeck

PHOTOS
Gunther Willinger

Der Biologe Eric Kemen will Mikroorganismen einsetzen, um schädliche Pilze und Bakterien bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen zu bekämpfen. Pestizide und Fungizide hätten dann ausgedient.

// Biologist Eric Kemen plans to use microorganisms to combat harmful fungi and bacteria in agricultural crops. This would render pesticides and fungicides completely unnecessary.



> deutsch

// _____ Eric Kemen lässt den Blick über die Hagellocher Streuobstwiesen schweifen. Zielsicher steuert der Biologe vom Zentrum der Molekularbiologie der Pflanzen (ZMBP) ein Büschel gelber Blüten an, das zwischen Grashalmen hervorblitzt. „Hier sind welche“, ruft der Professor nach kurzer Prüfung sein Team aus Biologen und Bioinformatikern herbei. Eifrig nehmen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universität Tübingen Proben und sortieren Blüten, Blätter, Samen und Wurzeln in Reagenzgläsern für die Analyse im Labor.

Ihr Objekt der Begierde, der Gemeine Hornklee (*Lotus corniculatus*), ist auf den ersten Blick unscheinbar. Die meisten von uns haben ihn schon gesehen, aber nicht wahrgenommen. Am Weges- oder Waldrand, auf Weideflächen oder Wiesen: Eigentlich ist der Klee mit seiner schmetterlingsförmigen Blütenkrone an fast allen Standorten und unter unterschiedlichsten Umweltbedingungen zu finden. Er gehört zu den Hülsenfrüchten und ist nahe mit Bohnen- und Erbsenpflanzen verwandt. Und genau das macht ihn so interessant für Kemen.

Das große Ziel des Mikrobiologen: Pestizide und Fungizide in der Landwirtschaft auf lange Sicht überflüssig zu machen.

Dafür analysiert sein Team, welche unzähligen Mikroorganismen auf und in dem Klee leben. Pilze, Bakterien, Algen und Amöben müssen nicht schlecht sein. Im Gegenteil – Pflanzen benötigen sie zum Überleben: Die Kleinstlebewesen sind für die Nährstoffaufnahme aus dem Boden nützlich, manche betreiben selbst Photosynthese oder fördern diese, sie können die Stresstoleranz der Pflanzen gegenüber Umweltbedingungen beeinflussen und helfen, Krankheitserreger abzuwehren. So könnte etwa die Alblinse ohne Bakterien, die Stickstoffverbindungen als Nährstoff produzieren, nicht auf den kargen Böden der Schwäbischen Alb gedeihen.

01 Professor Dr. Eric Kemen sammelt mit seinem Team Proben für die Laborarbeit. // Professor Eric Kemen and his team are collecting samples for laboratory work.

02 Forschungsobjekt ist der Gemeine Hornklee (*Lotus corniculatus*) // Bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus*) is the object of research.

03 Ein Beprobungsabschnitt wird vermessen. // A sampling section is measured.

Kemens Team sucht den Mikroorganismen-Cocktail, der Garant für eine gesunde Nutzpflanze ist. „Die meisten Mikroben verhalten sich neutral, manche sind nützlich, andere sind schädlich für die Pflanze“, so der Biologe. Wie sich ein Mikroorganismus auf den Wirt auswirkt, hängt vom Kontext ab, also in welcher Gemeinschaft er mit anderen Organismen, dem sogenannten Mikrobiom, lebt. Diesen Barcode einer funktionierenden mikrobiellen Gemeinschaft will Kemen entschlüsseln.

Einzelne Mikroben haben schlechte Überlebenschancen

„Das Schwierige ist, vorherzusagen, wie und ob einzelne Mikroorganismen langfristig in und auf bestimmten Pflanzen überleben“, stellt Kemen fest. Deshalb will er mehr darüber erfahren, welche Funktionen spezifische Lebewesen im Mikrobiom übernehmen und welche Organismen sich gegenseitig unterstützen. So gibt es etwa pigmentierte Bakterien, die offenbar als eine Art Sonnenschutz für die sie umgebenden Mikroben fungieren.

In bisherigen Versuchen wurden immer wieder einzelne Mikroorganismen gezielt auf Pflanzen aufgebracht, um durch Bakterien und Pilze verursachte Krankheiten abzuwehren. So behandelte man zum Beispiel Obstbäume mit Hefen gegen die bakterielle Krankheit „Feuerbrand“, bei der sich Blätter und Blüten braun färben und abfallen. Jedoch überlebten die Hefen keine heißen, trockenen Sommer. „Uns interessieren daher besonders die Mikroorganismen, die Pflanzen langfristig schützen – möglichst unabhängig von Umweltbedingungen“, erklärt Kemen. Deshalb sammelt seine Arbeitsgruppe den Klee wie auch die Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana*), die häufig im Labor als Modellsystem verwendet wird, zu unterschiedlichen Jahreszeiten an mehreren Standorten: in Tübingen, auf der Schwäbischen Alb, in Polen und weiteren europäischen Ländern.

Umweltfaktoren wie Jahreszeit, Hitze, Regen oder Trockenheit wirken sich auf das Mikrobiom aus. „Ein Mikrobiom ändert sich kontinuierlich.“ Bei viel Sonne sterben manche Organismen auf der Blattoberfläche. Regnet es, siedeln sich über die Erde, die von Regentropfen auf die Pflanze gespritzt wird, wieder neue Lebewesen an. Auch über die Luft oder Insekten gelangen Bakterien und Co. auf Pflanzen – das genaue Zusammenspiel aller Faktoren bei der Besiedlung wollen die Tübinger ergründen. Eine erstaunliche Feststellung machten sie bereits: Der Standort allein ist nicht entscheidend. Zwei gleiche Pflanzen, die in Tübingen direkt nebeneinander stehen, können ein so unterschiedliches Mikrobiom haben wie zwei Pflanzen in Schweden und Spanien.



Neue Technik ermöglicht Analyse

Einzelne Mikroorganismen auf und in Pflanzen lassen sich erst seit ein paar Jahren durch die sogenannte Hochdurchsatz-Sequenzierung des Erbguts identifizieren. So kam Kemen zu seinem Forschungsgebiet. Bereits mit seiner Promotion an der Universität Konstanz hatte er sich auf das Verhalten von Mikroorganismen in Pflanzen mithilfe molekularer und mikroskopischer Methoden spezialisiert. Anschließend forschte er am Sainsbury Laboratory in Norwich, das einen der ersten Prototypen zur Hochdurchsatz-Sequenzierung beherbergte. Dort untersuchte er zunächst die DNA von Krankheitserregern, bei denen man davon ausging, dass Mikroorganismen alleine die Pflanzen infizieren. Doch als zufälliges Nebenprodukt wurde immer auch die DNA weiterer Mikroorganismen mitgemessen: „Das fand ich spannend.“ Für die Analyse des Mikrobioms bekam er eine Forschungsgruppe am Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsfor-schung in Köln, bevor er 2017 nach Tübingen wechselte. An der Universität arbeitet Kemen an der Schnittstelle zwischen Interfakultärem Institut für Mikrobiologie und Infektionsmedizin Tübingen (IMIT) und dem Zentrum für Molekularbiologie der Pflanzen (ZMBP). Er erforscht sowohl das menschliche als auch das pflanzliche Mikrobiom. →



Um die Mikroben-Gemeinschaften des Gemeinen Hornklees und der Ackerschmalwand zu entschlüsseln, extrahiert sein Team zunächst die DNA aus den Proben. Anschließend wird die DNA – oder bestimmte Regionen daraus – vermehrt, sortiert und die Abfolge der Basen innerhalb eines DNA-Moleküls, also die Sequenz, festgestellt. Relevant für die Identifikation der Kleinstlebewesen sind das 16S-rRNA- und das 18S-rRNA-Gen, zwei DNA-Abschnitte, von denen das eine oder das andere bei allen Organismen in Varianten vorkommt. Anhand der Basenabfolge können Lebewesen unterschieden werden. Die Sequenzen lassen sich dann in einer Datenbank mit bereits bekannten Organismen abgleichen.

Bei der Daten-Analyse kommen die Bioinformatiker im Team zum Einsatz. Mit speziellen Algorithmen werten sie riesige Datenmengen der DNA-Sequenzierung aus. Sie untersuchen und visualisieren die mikrobiellen Netzwerke, die sich wie unsere sozialen Netzwerke ständig verändern: Welche Organismen sind permanent vorhanden? Zudem berechnen sie die Wahrscheinlichkeit für bestimmte Kombinationen mit anderen Organismen und untersuchen die Wechselwirkungen zwischen diesen. „Stabil sind von mehreren hundert Gruppen wohl nur wenige“, vermutet Kemen. Genau dies gilt es weiter zu erforschen.

Wirt hat wenig Einfluss
auf das Mikrobiom

Um die Prozesse im Mikrobiom zu verstehen, war für den Forscher die Entdeckung sogenannter Hubs („Knotenpunkte“) ein großer Schritt: Mikroorganismen, die besonders häufig mit anderen Organismen in der mikrobiellen Gemeinschaft verknüpft sowie gut an die Wirtspflanze angepasst sind und so große Teile des Mikrobioms steuern. „Es deutet vieles darauf hin, dass der Wirt geringen Einfluss darauf hat, was auf ihm passiert.“ Ein gutes Beispiel sei das Zusammenspiel unzähliger Mikroorganismen auf der menschlichen Haut. Vorherrschend seien dort Bakterien, die an den niedrigen pH-Wert und damit an die saure Umgebung der Haut angepasst seien und ihrerseits den pH-Wert beeinflussen. Dieser wiederum bestimme, welche anderen Mikroben sich dort ansiedeln. „Wird dieses Gleichgewicht gestört, vermehren sich schädliche Mikroorganismen leichter.“

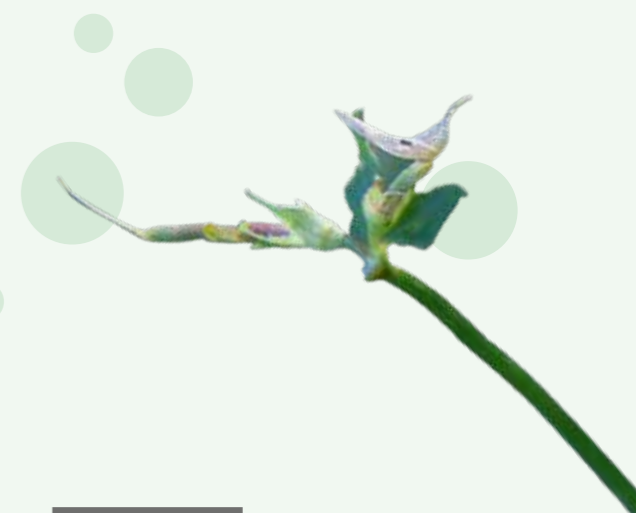
Sind die Hubs für den Hornklee identifiziert, wollen die Forscher diese im Labor gezielt in unterschiedlichen Kombinationen mit Bakterien und Pilzen auf Pflanzen aufbringen und einzelne Komponenten wieder entfernen. Um eine vielversprechende Mischung zu finden, infizieren sie die Pflanzen mit einem Krankheitserreger und simulieren unterschiedliche Rahmenbedingungen wie schwankende Temperaturen oder die Bewässerung. Findet sich ein guter Mix, soll er unter „Real-Bedingungen“ im Feldversuch getestet werden. Für die Ackerschmalwand fand die Arbeitsgruppe bereits eine Kombination aus Mikroorganismen, die schützend wirkt.

„Wir wollen nicht nur beschreiben, was zusammen funktioniert, sondern auch verstehen, wie und warum“, erklärt Mikrobiologie Kemen. Wie kommunizieren die Kleinstlebewesen miteinander und mit der Wirtspflanze, welche Stoffe werden dabei ausgetauscht und wie passen sich Mikroben und Wirt evolutionär aneinander an? „Ein Pilz will sein Revier gegenüber anderen Pilzen und Bakterien verteidigen.“ Die eingesetzten Substanzen könnten eine antibakterielle und antifungale Wir-

kung haben und sich eventuell gezielt einsetzen lassen. „Auf lange Sicht bleibt uns nichts anderes übrig, als Alternativen zu Pestiziden und Fungiziden zu finden“, glaubt Kemen. Schon heute zeigten sich Krankheitserreger resistent. Zudem zerstörten Breitband-Pestizide und -Fungizide nicht nur schädliche Organismen, sondern auch Mikroorganismen mit positiven Funktionen für die Wirtspflanze.

Wie also könnte eine Alternative konkret aussehen? Kemens Vision für die nächsten zwei Dekaden: Pflanzensamen mit einer genau definierten mikrobiellen Grundausstattung zu versehen, die die Pflanze in ihrer Entwicklung bis zur Ernte vor Krankheiten schützt. Langfristig, so sein Wunsch, könnten Landwirte dann Boden- oder Pflanzenproben an eine zentrale Untersuchungsstelle schicken und eine mikrobielle Analyse sowie Prognosen zur Anfälligkeit ihrer Pflanzen gegenüber Pathogenen erhalten. „Bei suboptimalen Ergebnissen könnte ihnen eine Mikroorganismen-Mischung empfohlen werden, um die Pflanzen gesund zu halten. Aber das ist noch ein langer Weg.“ _____//

- 04 Im Labor werden die gesammelten Pflanzen nach Organen aufgeteilt. // The collected plants are dissected in the laboratory.
- 05 Pflanzenproben für die weitere Untersuchung // Plant samples for further examination
- 06 Die Bakterien werden aus den Pflanzenteilen isoliert. // The bacteria are isolated from the plant parts.



> english

“
Wir wollen nicht nur beschreiben, was zusammen funktioniert, sondern auch verstehen, wie und warum.
“



05



06

//_____ Eric Kemen's gaze wanders over the Hagelloch orchards. The molecular biologist from the Center for Plant Molecular Biology (ZMBP) has spotted a tuft of yellow flowers flourishing between blades of grass. He is joined by fellow biologists and bioinformaticians from the University of Tübingen who are busy sorting flowers, leaves, seeds and roots in test tubes for analysis in the laboratory. Their attention is on Bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus*), which has an inconspicuous appearance. It belongs to the legume family and is closely related to bean and pea plants.

This is exactly what interests Kemen in his long-term mission to render pesticides and fungicides unnecessary in agriculture. Kemen's team is investigating which microorganisms live on and in the trefoil samples they have collected. Fungi, bacteria, algae and amoebae do not have to be bad. Plants actually need them to survive. The microorganisms are useful for retrieving nutrients from the soil, some contribute to or carry out photosynthesis themselves, they can influence the stress tolerance of plants towards environmental conditions and help to ward off pathogens. For example, the Alblinse could not thrive on the barren soils of the Swabian Alb without bacteria that produce nitrogen compounds as nutrients.

Kemen's team is looking for the right cocktail of microorganisms to guarantee a healthy crop. "Most microbes are neutral, some are useful, others are harmful to the plant", he explains. How a microorganism affects a →



07

”
Imagine a fungus wanting to defend its territory against other fungi and bacteria.
 “



08

cross (*Arabidopsis thaliana*), which is often used as a model system in the laboratory and at different times of the year in many European locations.

Environmental factors such as season, heat, rain or drought affect the microbiome. If they are exposed to high levels of sunlight some organisms die on the leaf surface. If it rains, new microorganisms can settle on the plant through the soil splashed onto the plant by raindrops. Bacteria and other organisms can also reach plants via air or insects and the researchers are hoping to find out how all these factors interact. They have already been surprised to discover that location alone is not decisive. Two identical plants that are located directly next to each other in Tübingen can have a microbiome that is as diverse as two plants in Sweden and Spain.

New technology enables analysis

It only became possible to identify individual microorganisms on plants a few years ago with high-throughput genetic sequencing. This method brought Kemen to his current field of research. During his doctoral research at the University of Constance, he specialized in the behavior of microorganisms in plants using molecular and microscopic methods. At the Sainsbury Laboratory in Norwich, which housed one of the first prototypes for high-throughput sequencing, he initially investigated the DNA of pathogens that were thought to infect plants by microorganisms alone. However, the DNA of other microorganisms was also measured as a random by-product: “That’s what I found intriguing”, says Kemen. For the analysis of the microbiome, the scientist was granted funding for a research group at the Max Planck Institute for Plant Breeding Research in Cologne before moving to Tübingen in 2017. At the University of Tübingen his research is

host depends strongly on the community in which it lives with other organisms, known as the microbiome. Kemen intends to decipher the structure of a functioning microbial community. He also wants to learn more about which functions specific organisms assume in the microbiome and which organisms support each other. There are pigmented bacteria, for example, which appear to act as a kind of sunscreen for the microbes surrounding them.

In previous experiments, scientists have frequently applied individual microorganisms to plants in order to prevent diseases caused by bacteria and fungi. Fruit trees can be treated with yeasts to protect them against “fire blight”, a bacterial disease which causes leaves and flowers to turn brown and fall off. However, the yeasts did not survive hot, dry summers. “We are therefore particularly interested in microorganisms that protect plants in the long term and as independently as possible from environmental conditions”, explains Kemen. His research group is collecting trefoil and thale

positioned between the Interfaculty Institute of Microbiology and Infection Medicine (IMIT) and the Center for Plant Molecular Biology (ZMBP). He investigates both the human and the plant microbiome.

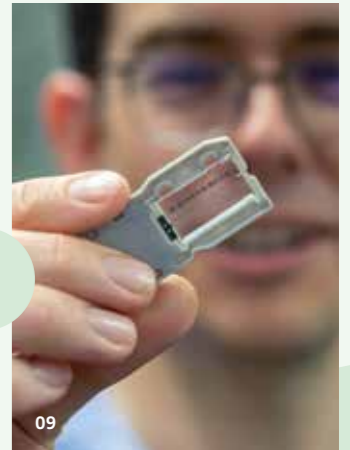
In order to decipher the microbial communities of trefoil and thale cress, his team extracts the DNA from the samples and determines the sequence of the bases within a DNA molecule and then compares them with a database of known organisms. The 16S rRNA gene and the 18S rRNA gene are relevant for the identification of microorganisms: Variants of one of these two DNA sequences occur in all organisms. The team’s bioinformaticians use special algorithms to analyze the huge amount of data involved in DNA sequencing. To find out which organisms are permanently present, they visualize the microbial networks, which are constantly changing like our social networks. They also calculate the probability of combinations with other organisms and investigate the interactions between organisms.

The host has little effect on the microbiome

The discovery of microbial hubs was an important step for Kemen in understanding the processes taking place in the microbiome. These are microorganisms often linked to other organisms in the microbial community that are well adapted to the host plant and which control large parts of the microbiome. “There is much to suggest that the host itself has little influence on what happens on them.” Once the hubs for trefoil have been identified, the researchers hope to apply them to plants in the laboratory in different combinations with bacteria and fungi and remove individual components. To find a promising mixture, they infect the plants with a pathogen and simulate different conditions such as fluctuating temperatures or irrigation. After a successful mixture is discovered, it is tested under real conditions in field trials. A combination of microorganisms which has a protective effect on thale cress has already been identified successfully by the researchers.

Kemen wants to understand how microorganisms communicate with each other and with the host plant, which substances are exchanged, and how microbes and host adapt to each other. “Imagine a fungus wanting to defend its territory against other fungi and bacteria.” The substances used could have an antibacterial and antifungal effect and could possibly also be used in a targeted manner. “In the long run, we have no choice but to find alternatives to pesticides and fungicides”, believes Kemen. Pathogens have already become resistant to pesticides and fungicides today. In addition to harmful organisms, broad-spectrum pesticides and fungicides can also destroy other microorganisms that have positive functions for the host plant.

Is there an alternative scenario? Over the next two decades, Kemen believes that a specific microbial basis could protect plants from diseases from seed to harvest. In the long term, he hopes that farmers will be able to send soil or plant samples to a central research center and receive a microbial analysis and prognosis of the susceptibility of their plants to pathogens. _____//



09



10

ATTEMPTO! 11 15

07 Pilze, die aus Pflanzenproben isoliert wurden // Fungi isolated from plant samples

08 Algorithmen werten die riesigen Datenmengen aus. // Vast amounts of data are evaluated using algorithms.

09 Mit dem Sequenzierungsgerät wird zunächst die DNA der Proben analysiert. // DNA from the samples is first analyzed using a DNA sequencer.

10 Um die Computer-Ergebnisse zu überprüfen, werden die Bakterien und Pilze an sterilen Pflanzen getestet. // To verify the computer results, bacteria and fungi are tested on sterile plants.

Die Black Box hat ausgedient

An End to the Black Box

TEXT
Judith Rauch

Der Siegeszug der Künstlichen Intelligenz hat dazu geführt, dass Forscher und Firmen Algorithmen einsetzen, deren Funktionsweise sie nicht wirklich verstehen. Wer sich damit nicht abfinden will, wendet sich an Philipp Hennig, Experte für Maschinelles Lernen in Tübingen.

// The success of artificial intelligence has led researchers and companies to use algorithms that they do not really understand. Philipp Hennig, an expert in machine learning at the University of Tübingen, wants to change this situation.



”
**Mich treibt die Frage an:
 Wie kann der Mensch
 dem Computer helfen, besser
 zu werden?**

**I'm driven by the question:
 How can humans help
 the computer to improve?**

“

> deutsch

// _____ „Mensch und Maschine – wer programmiert wen?“, so hatte Ranga Yogeshwar, Wissenschaftsjournalist, seinen Vortrag bei der Tübinger Mediendozentur 2019 überschrieben. 1.200 Menschen strömten in die Neue Aula, um Yogeshwars Überlegungen zu hören. Viele fanden wohl, dass er ihr Unbehagen am rasanten Siegeszug intelligenter Computer treffend auf den Punkt brachte. „Wir verwenden immer mehr Maschinen, die wir immer weniger verstehen“, beschrieb Medienwissenschaftler Bernhard Pörksen einleitend das Dilemma und beklagte ein weit verbreitetes „Black-Box-Gefühl“.

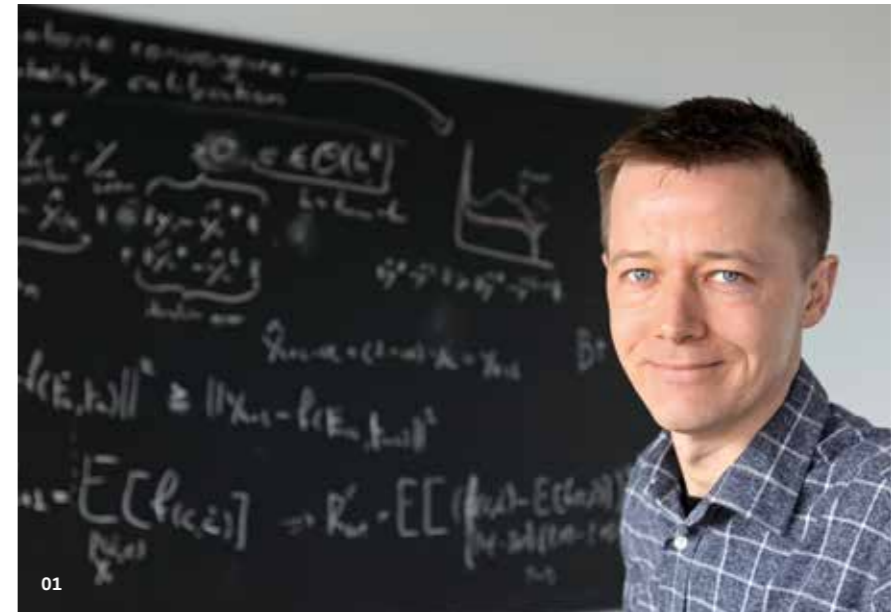
Philipp Hennig, Professor für die Methoden Maschinellen Lernens an der Universität Tübingen, ist sozusagen der Gegenentwurf zu diesem Gefühl. Und für eine wachsende Zahl von Kollegen wird er sogar zum Gegenmittel. Bodenkundler Thomas Scholten beispielsweise setzt bei seiner Forschung bereits seit 15 Jahren sogenannte neuronale Netze ein, um hochkomplexe Daten zu bewältigen: Dabei geht es etwa um die Vorhersage von Dürren oder die Speicherfähigkeit des Bodens für das Klimagas Kohlendioxid. „Die Systeme, die man sozusagen von der Stange kaufen kann, liefern gute Ergebnisse“, gesteht er zu, „doch man kann nur schwer in sie hineinsehen. Die Ergebnisse sind somit nur bedingt interpretierbar.“ Seit es in Tübingen das Exzellenzcluster Maschinelles Lernen gibt, die Cyber Valley Initiative (siehe Kasten „Cyber Valley und Science Notes“) und damit eine Vielzahl gut vernetzter Experten, sieht Scholten die Zeit gekommen, seine Werkzeuge transparenter zu gestalten. „Es ist eine große Chance, mit den Leuten zusammenzuarbeiten, die diese Algorithmen entwickeln.“

01 Professor Dr. Philipp Hennig

Photo: *Friedhelm Albrecht*

02 Wissenschaft in Club-Atmosphäre: Die Science Notes sprechen ein junges Publikum an. // Science in a club-atmosphere: Science Notes appeal to a young audience.

Photo: *Patrick Gerstorfer*



01

Die Optimierung
 der Mathematik

Sein Kooperationspartner Philipp Hennig, ausgebildeter Physiker, ist noch keine 40 Jahre alt. Er wirkt jugendlich-locker und schafft es auch bei Disco-Atmosphäre, konzentriert über sein Fachgebiet zu referieren (siehe Kasten). Gleichzeitig ist er angenehm unaufgeregt. Und das mitten im Hype seines Metiers, der für ihn selbst „eine Überraschung“ darstellt, mit dem er nicht gerechnet hat.

Dabei ist Rechnen sein Metier, vor allem das Rechnen mit Wahrscheinlichkeiten, die Probabilistische Numerik. Hennig kennt viele mathematische Verfahren bis hinein in ihre Verästelungen, bis tief zu ihren historischen Wurzeln hinab, und er hat auch einen Hang zur Philosophie. Die Denker, auf die er sich bezieht und deren Köpfe er im Hörsaal wie im Disco-Geflimmer projiziert, umfassen große Namen wie Pierre-Simon Laplace und Carl-Friedrich Gauß. Sie reicht zurück zum Philosoph William von Ockham, der im 13. Jahrhundert argumentierte, Erklärungen sollten nicht unnötig kompliziert sein. Dieses Prinzip setzt Hennig auf dem Feld des Maschinellen Lernens um.

Hennig hat nicht nur von historischen Vorbildern gelernt, sondern auch in seiner Ausbildung Mentoren gewählt, die die Dinge etwas grundsätzlicher angehen. Seine Diplomarbeit verfasste er beim Heidelberger Max-Planck-Forscher Winfried Denk, der ein ehernes Gesetz der Optik umstieß, um die Leistung des Lichtmikroskops zu verbessern. Diplomand Hennig half ihm bei der Optimierung des Raster-Elektronenmikroskops. Seinen Doktorvater, den Schotten David MacKay, beschreibt Hennig als vielseitig interessierten Wissenschaftler und „Naturphilosoph“. Dafür ging er ins britische Cambridge, wo er auch ein Praktikum im Forschungslabor der Firma Microsoft absolvierte. Bereits seit 2011 forscht Hennig in Tübingen: erst am hiesigen Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme als Postdoc und Forschungsgruppenleiter, seit 2018 auf einer Professur der Universität. →



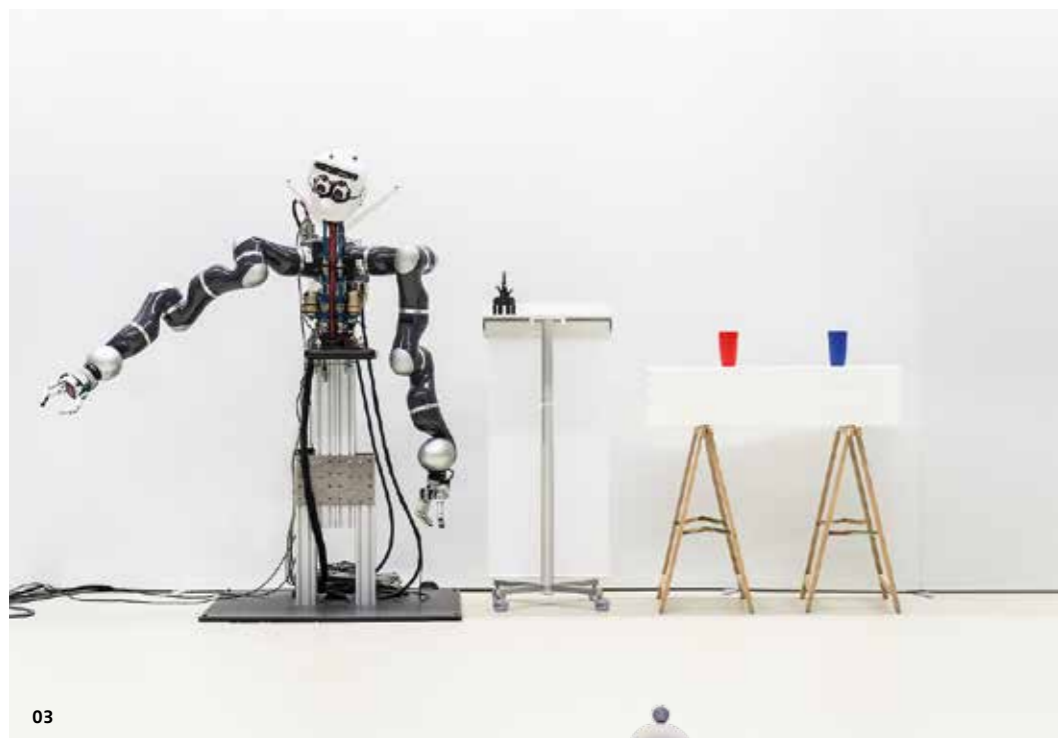
02

Science Notes

Science Notes nennt sich eine Initiative der Tübinger Rhetoriker, einem jungen Publikum Wissenschaftsthemen schmackhaft zu machen. Kurzvorträge wechseln sich dabei ab mit elektronischer Musik in Club-Atmosphäre. Die Präsentationen zum Thema „Künstliche Intelligenz“, live dargeboten im Januar 2019 im Tübinger Schlachthaus, kann man auf YouTube nacherleben, darunter auch den Vortrag von Philipp Hennig. Ebenfalls auf YouTube: der balancierende Roboter Apollo.

// Science Notes is the name of an initiative at the University of Tübingen to make science topics more appealing to a young audience, combining short lectures with electronic music in a club atmosphere. The presentations on the subject of “Artificial Intelligence”, presented live in January 2019 at the Tübingen venue Schlachthaus, are on YouTube, including the lecture by Philipp Hennig. The balancing robot Apollo can also be seen on YouTube.

youtube.com/watch?v=gQyoGIG8dmU
youtu.be/TrGc4qp3pDM



03



Er sei immer „auf der Suche nach den großen Fragen“ gewesen, beschreibt er seinen Lebensweg, „Fragen, die es sich lohnt, langfristig zu untersuchen.“ Dabei sei ihm ein tiefer innerer Zusammenhang aufgefallen – zwischen der Welt des Maschinellen Lernens, einem Zweig der Informatik, und der Welt der Mathematik. „Lernende Maschinen sind von der Struktur her ähnlich wie mathematische Problemlösungen, etwa Optimierungs- oder Vorhersage-Verfahren.“ Das geht so weit, dass Hennig die Rechenverfahren selbst als „lernende Maschinen“ begreift, die vom Menschen zur Verfügung gestellte grobe Vorabinformationen durch ihre eigenen elektronischen Schritte nach und nach verfeinern.

Strahlentherapie präziser einsetzen

Der Physiker demonstriert das gern mithilfe einer Kurve, die mit ihren drei Gipfeln wie der Querschnitt durch ein Gebirge aussieht. „Die Formel für diese Funktion ist recht einfach“, erklärt er, „dennoch kann man die Fläche unter der Kurve, das Integral, nicht auf direktem Weg berechnen.“ Es gibt Annäherungswege dafür, die man teils bereits in der Schule lernt. Diese könne man verbessern, indem man „Vorwissen“ in die Formeln hineinstecke – etwa, dass die Kurve nie negativ wird und dass sie keine Sprünge macht. „Wenn der Mensch dem Computer diese Art von Information mitgibt, dann muss der solche Wahrheiten nicht erst selber entdecken. Er spart sich Arbeit und kann seine Berechnungen früher beenden.“

Die Optimierung der Mathematik hat ganz praktische Folgen: Beim Einsatz maschineller Lernverfahren spart man eine Menge Rechenzeit. Zwei Doktoranden des Deutschen Krebsforschungszentrums in Heidelberg haben bereits davon profitiert. Zusammen mit ihrem Heidelberger Betreuer, dem Medi-

zophysiker Mark Bangert, hatten sie die Idee entwickelt, die Strahlentherapie mit energiereichen atomaren Teilchen (Protonen oder Schwerionen) könne präziser werden, indem man maschinelle Lernverfahren einsetze. Sie entwickelten dafür einen neuen Algorithmus. Das allein ist schon kein Kinderspiel, gilt es doch, bei der Therapieplanung 30.000 bis 80.000 Parameter zu berücksichtigen, damit der Teilchenstrahl optimal gesteuert wird. Hennig half ihnen, die Rechenzeit etwa um einen Faktor 1.000 zu reduzieren – durch Verbesserungen am Code, den Einsatz von Fachwissen und mathematischer Tricks.

Ein anderer „Kollege“, der sich verbessert hat, ist der Roboter Apollo am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme. Sebastian Trimpe, Cyber-Valley-Forschungsgruppenleiter und Spezialist für Regelungs- und Automatisierungstechnik, nimmt die Sache mit dem maschinellen Lernen wörtlich: Er will erreichen, dass Roboter und andere intelligente Maschinen künftig ohne menschliche Aufsicht lernen können, dass sie die Experimente, mit denen sie ihre Fähigkeiten verbessern, selber planen. „Um möglichst effizient und schnell zu lernen, soll aus jedem Experiment möglichst viel Information herauskommen“, fordert Ingenieur Trimpe. „Wie viel verrät mir das nächste Experiment darüber, wie ich das Optimum erreiche?“, so formuliert es Vorhersage-Spezialist Hennig. Zusammen haben sie dem Roboter Apollo ein Trainingsprogramm verordnet, bei dem er selbstständig lernte, auf seiner Hand möglichst ruhig einen Stab zu balancieren. Das Ergebnis kann man im Video sehen (siehe Kasten).

Ist das noch typische Laborforschung, konnte Sebastian Trimpe diese Forschung mit einem Industriepartner weiterentwickeln: Derselbe Algorithmus, den Apollo beim Jonglieren verwendet, stellt automatisch die Regelung von Drosselklappen ein – Ventile, die den Zufluss von Luft in einen Automotor steuern. Neue Fragen, die sich aufgetan haben, untersucht nun sein Doktorand Alonso Valle: Wie kann man die Fehlversuche des Roboters beim weiteren Lernen berücksichtigen? Wie experimentelle Daten und physikalisches Vorwissen besser integrieren? Und: Wie können sich Computersimulationen und Laborexperimente gegenseitig befruchten – wie bringt man die Daten zusammen? „Mich treibt die Frage an: Wie kann der Mensch dem Computer helfen, besser zu werden?“, sagt Hennig.

Dass Maschinen dies nötig haben, findet übrigens auch Ranga Yogeshwar. In seinem Vortrag zeigte er es anhand vieler Beispiele – von rassistischen Bilderkennungssystemen bis hin zu tödlichen Unfällen autonomer Fahrzeuge. Am Ende kam er zu einem ermutigenden Schluss: „Unsere Chance in Deutschland ist die Dummheit der derzeitigen Künstlichen Intelligenz.“ _____//

03 Dank eines Algorithmus kann Roboter Apollo balancieren.
// The Apollo robot learns to balance using an algorithm.
Photo: Patrick Junker/MPI-IS

04 Professor Dr. Thomas Scholten
Photo: Hilde Jensen
05 Dr. Sebastian Trimpe
Photo: Patrick Junker/MPI-IS

”
**Unsere Chance in Deutschland
ist die Dummheit
der derzeitigen Künstlichen
Intelligenz.**

**We need to see our chance
in the current stupidity of
Artificial Intelligence.**

“

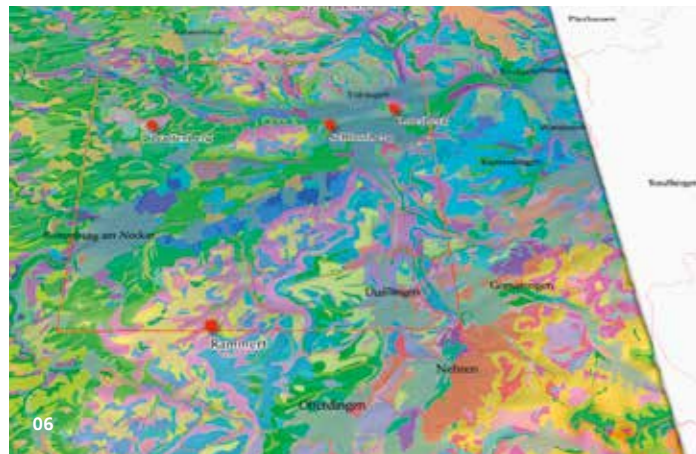
> english

//_____ “Man and machine – who programs whom” was the title of the talk held by science journalist Ranga Yogeshwar as part of the Tübingen Media Lectureship 2019. Many at the event probably recognized their own discomfort in Yogeshwar’s summary of the implications of rapidly developing machine intelligence. Media scientist Bernhard Pörksen also noted this widespread black box phenomenon in his opening remarks to the event: “We use more and more machines, which we understand less and less.”

Philipp Hennig, Professor for the Methods of Machine Learning at the University of Tübingen, offers an alternative perspective which is helping his colleagues to put an end to the black box. Soil scientist Thomas Scholten has been using neural networks in his research to process highly complex data for over 15 years. “Existing systems deliver good results”, he admits, “but it is difficult to see what is happening under the hood and the results can therefore only be interpreted to a limited extent.” Since the establishment of the Machine Learning Excellence Cluster in Tübingen, Scholten believes that the time has come for greater transparency.

Mathematical optimization

Physicist Philipp Hennig is not yet 40 years old. He seems pleasantly calm in the middle of the hype currently associated with his field, which came as a surprise to him. Hennig specializes in probabilistic numerical methods. He is familiar with many mathematical methods but also has an interest in philosophy. Past great minds that have inspired him include William of Ockham, who argued in the 13th century that explanations should not be unnecessarily complicated. Hennig applies this principle in the field of machine learning. →



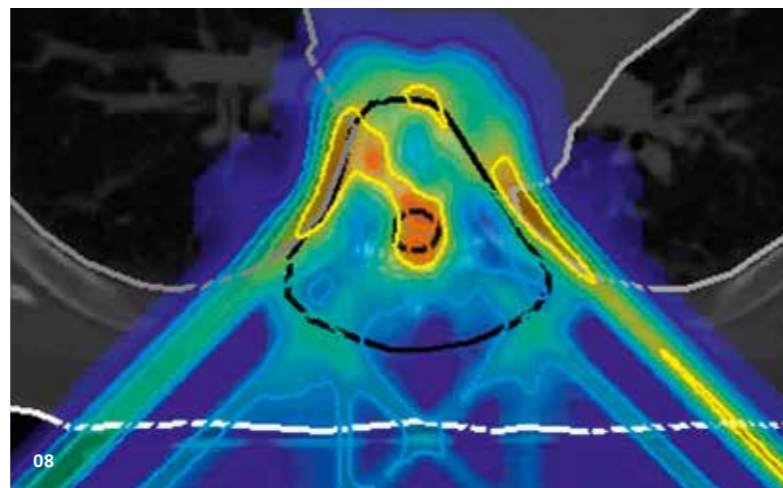
In his academic education, Hennig has chosen mentors who take a more fundamental approach. He wrote his graduate thesis with the Heidelberg Max Planck researcher Winfried Denk, who overturned the iron law of optics in order to improve the performance of the optical microscope. Hennig helped him optimize the scanning electron microscope. After graduation, Hennig's research led him to Cambridge, UK, where he did his PhD under the supervision of the late Sir David MacKay, a polymath and natural philosopher. During this time, Hennig also spent time at Microsoft's research laboratory in Cambridge. He came to Tübingen in 2011: first at the Max Planck Institute for Intelligent Systems as a postdoctoral researcher and research group leader. He was appointed to a professorship at the University of Tübingen in 2018.

Searching for a big question for himself to address, Hennig came across a deep connection between the decades-old algorithms of numerical mathematics and contemporary machine learning: "Optimization or integration methods and learning machines solve essentially the same problem", he explains. "They estimate an unknown quantity from data." This insight led him to describe calculation methods themselves as learning machines that take in rough initial guesses of the human operator and gradually refine them into an increasingly precise answer.

Greater precision in radiotherapy

To visitors in his office, physicist Hennig likes to demonstrate machine learning with the help of a curve which, with its three peaks, looks like a cross-section through a mountain range. "The formula for this function is quite simple", he explains, "yet you can't calculate the area under the curve, the integral, directly." There are ways to approach this, some of which are taught in school. These can be improved by applying prior knowledge to the formulas – for example, that the curve never becomes negative and that it does not have any jumps. "If humans give information to a computer, the computer can work more efficiently and finish its calculations earlier."

Mathematical optimization has significant practical applications. In an extended collaboration, Hennig helped two doctoral students and medical physicist Mark Bangert at the German Cancer Research Center in Heidelberg to reduce the computing time of their investigation into radiotherapy precision by a factor of 1,000.



06 Algorithmen berechnen, wo bei anhaltendem Klimawandel mit Trockenheit zu rechnen ist (gelbbraun) und wo ausreichend Wasser im Boden gespeichert werden kann (blau). // Algorithms calculate where drought can be expected due to climate change (yellow-brown) and where sufficient water can be stored in the soil (blue).
Photo: Th. Scholten

07 Algorithmen können dazu beitragen, eine Strahlentherapie präziser einzusetzen. // Algorithms can contribute to a more precise use of radiotherapy.
Photo: Jörg Jäger

08 CT-Schnittbild eines Krebspatienten: Dank optimierter Rechenverfahren können Mediziner die Strahlendosis zielgenauer platzieren. // CT sectional view of a cancer patient: Thanks to optimized calculation methods, the radiation dose can be targeted more precisely.
Photo: M. Bangert

Cyber Valley

Die Cyber Valley Initiative gilt als das größte KI-Projekt Europas und verbindet Akteure aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft im Bereich Künstliche Intelligenz: Beteiligt sind die Universitäten Tübingen und Stuttgart, das Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme sowie die Unternehmen Amazon, BMW, Daimler, IAV, Porsche SE, Robert Bosch und ZF Friedrichshafen. Unterstützt wird das Cyber Valley zudem von der Christian Bürkert Stiftung, der Gips-Schüle-Stiftung, der Vector Stiftung sowie der Carl-Zeiss-Stiftung. Es gibt aber auch Kritik: Weil sie um die Freiheit der Wissenschaft fürchten, protestieren unter anderem Studierende unter dem Motto „No Cyber Valley“ gegen den Zusammenschluss.

// The Cyber Valley Initiative is considered to be the largest AI research collective in Europe, connecting stakeholders from politics, business and science in the field of Artificial Intelligence: The universities of Tübingen and Stuttgart, the Max Planck Institute for Intelligent Systems and the companies Amazon, BMW, Daimler, IAV, Porsche SE, Robert Bosch and ZF Friedrichshafen are involved in the project. The Cyber Valley is also supported by the Christian Bürkert Foundation, the Gips-Schüle Foundation, the Vector Foundation and the Carl Zeiss Foundation. However the project also has its opponents: Fearing the decline of scientific independence, students have protested against the project in the campaign "No Cyber Valley".

cyber-valley.de

Sebastian Trimpe, Cyber Valley research group leader specializing in control and automation, is another of Hennig's collaborators. He takes machine learning literally, his work aims to ensure that robots and other intelligent machines can learn and design experiments to improve their own abilities without human supervision. Trimpe and Hennig designed a training program for the Apollo robot at the Max Planck Institute for Intelligent Systems, in which it independently learned how to balance a pole as smoothly as possible on its hand.

Trimpe is working with a partner from industry to develop this research: The same algorithm that Apollo uses to juggle is also used to automatically control throttle valves which control the flow of air into a car engine. Doctoral candidate Alonso Marco Valle is now investigating new questions that have arisen from this project: How can the failed attempts made by the robot be taken into account in further learning? How can experimental data and prior physical knowledge be better integrated? And: How can computer simulations and laboratory experiments interact?

Ranga Yogeshwar agrees that machines need to improve. In his lecture, Yogeshwar highlighted areas where machines have much to learn, pointing to racist image recognition systems and fatal accidents involving autonomous vehicles. In the end, he came to an encouraging conclusion: "We need to see our chance in the current stupidity of Artificial Intelligence." _____//



GESUNDHEIT STEHT IM MITTELPUNKT

ARBEITEN BEI DEN SRH KLINIKEN LANDKREIS SIGMARINGEN GMBH

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



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

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

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

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

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





Bequem ist einfach.

Wenn das Konto zu den Bedürfnissen von heute passt.

Das Sparkassen-Girokonto mit der Sparkassen-App.



Kreissparkasse Tübingen

www.ksk-tuebingen.de



ELEKTRO KURNER

Dienstleistungszentrum GmbH

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

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

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



ELEKTRO KURNER Dienstleistungszentrum GmbH
Handwerkerpark 9 | 72070 Tübingen

Tel.: 07071 943800
info@elektro-kurner.de
www.elektro-kurner.de

BRAUN
SHARING EXPERTISE

DU WEISST DIE RICHTUNG UND SUCHST DEN WEG?

Aesculap hat die sichere Karriere-Route für dich.

Was nützen beste Theoriegrundlagen ohne Praxis? Geniale Ideen ohne konkrete Projekte? Bei uns bekommst du alles, was du zur Entfaltung brauchst: herausfordernde eigene Aufgaben und Projekte, die Möglichkeit an Innovationen mitzuwirken und ein Team, das sich auf dich und deine Fähigkeiten freut.

AESCULAP® – a B. Braun brand



Aesculap AG | www.aesculap.de/praktikum



Durchstarten in Deine Zukunft!

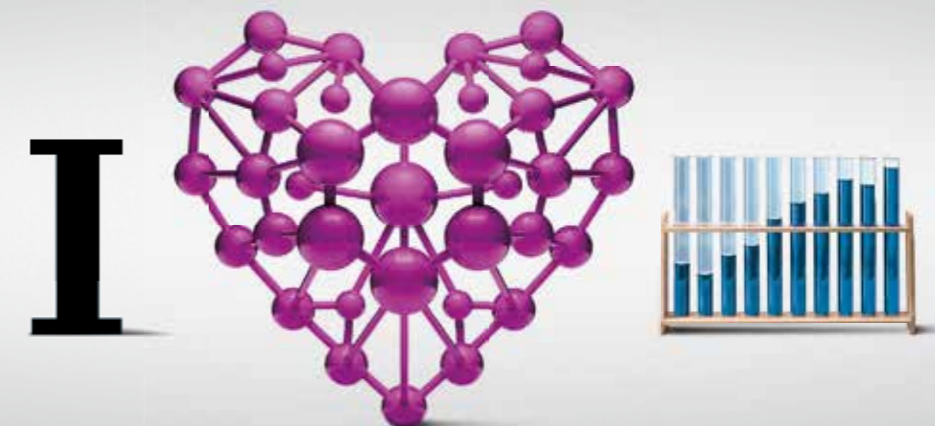
Wir sind ein international führender Hersteller von hochwertigen Spezialprodukten der Medizintechnik und beschäftigen weltweit 7.500 Mitarbeiter in über 40 Ländern. Wir bieten kontinuierlich spannende Themen für Praktika und Abschlussarbeiten in verschiedenen kaufmännischen und technischen Bereichen an.

Schau doch rein unter www.karlstorz.com

STORZ
KARL STORZ – ENDOSKOPE

DER STANDORT MIT EXZELLENTEN VERBINDUNGEN

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



Mittelalter trifft auf Virtual Reality

Medieval Music Arrives in Virtual Reality

TEXT

Theresa Authaler

PHOTOS

Valentin Marquardt

Sie bauen zerstörte Kirchen virtuell wieder auf und machen so den Klang alter Mönchsgesänge erlebbar: Musikwissenschaftler Stefan Morent rekonstruiert Hörerlebnisse aus dem Mittelalter. Im Projekt „Sacred Sound“ erforscht er mit Theologen, Religionswissenschaftlern und Asien-Orient-Wissenschaftlern die Verbindung von Musik und Religion.

// Musicologist Stefan Morent is rebuilding destroyed churches in virtual reality to allow listeners to experience medieval monastic singing in its original acoustic setting. In the Sacred Sound project, he explores the connection between music and religion with theologians, scholars of religious studies and from Asian and Oriental studies.



> deutsch

// _____ Stefan Morent will das Vergangene lebendig machen. Innerlich kann er es sich schon vorstellen, wie die Gesänge der Mönche aus dem 13. Jahrhundert erklingen: aus Lautsprechern und in einer Tonqualität, die das bekannte Stereo-Erlebnis bei Weitem übertrifft. Alles soll sich möglichst so anhören wie in den Sakralräumen des Mittelalters – auch wenn die Kirchen von damals größtenteils nicht mehr stehen. Morent will sie virtuell rekonstruieren und ihre Akustik mit technischen Mitteln und Methoden der Digital Humanities wieder erfahrbar machen.

Morent ist außerplanmäßiger Professor am Institut für Musikwissenschaften und Sprecher des Projekts „Sacred Sound – Musikalische Manifestationen des Sakralen zwischen Theorie und Praxis“. Gemeinsam mit Institutsleiter Thomas Schipperges hat er das interdisziplinäre Projekt ins Leben gerufen. Die Forscher gehen davon aus, dass Musik und Klang in beinahe allen Religionen eine wichtige Rolle spielen und dabei regelmäßig sakralisiert, zu etwas Heiligem emporgehoben werden. Oftmals erlebe derjenige, der die Musik oder den Klang erzeuge oder höre, Erfahrungen von Transzendenz, sagen sie.

Die bisherige Forschung dazu legte ihren Schwerpunkt meist entweder auf Theorie oder Praxis. Das Team um Schipperges und Morent will bewusst beides miteinander verbinden, außerdem verschiedene Religionen miteinander vergleichen. Beteiligt sind neben der Musikwissenschaft unter anderem die Religionswissenschaft und die Theologien – die evangelisch-christliche, die katholisch-christliche und das Zentrum für Islamische Theologie. „Spricht man von heiligen Klängen, geht von den Theologien natürlich immer ein anderer Blick aus als von der Religionswissenschaft oder der Musikwissenschaft“, sagt Schipperges. „Es ist sinnvoll, dass man von innen und von außen her blickt, also von den Theologien aus und auf die Theologien.“



Klang-Bad in kahlen Mauern

Morents Teilprojekt macht sich in St. Gallen, Cluny, Citeaux und Hirsau auf die Suche „nach dem verlorenen Klang“. Er erforscht nicht nur die Mönchsgesänge des Mittelalters, sondern führt sie mit seinem Ensemble „Ordo Virtutum“ auch auf. Jetzt sitzt er am Computer in seinem Büro im Tübinger Pflerhof und spielt ein „Alleluia“ an, das bereits 2016 mit seinem Ensemble und dem SWR in der Maulbronner Klosterkirche aufgenommen wurde. Er möchte zeigen, dass jede Kirche ihre ganz eigene, spezifische Akustik besitzt. Warm erklingen die Stimmen der Sänger. „Besonders ist, dass der Klang von diesen kargen Mauern wieder zurückgeworfen wird“, sagt Morent über die Maulbronner Kirche. „Fast so, als ob die Klänge ineinandergehen und man Mehrstimmigkeit hören kann. Weil der Klang noch im Raum ist, wenn der nächste kommt. Das ist wie ein Bad im Klang.“ Morent vermutet, dass dies kein Zufall ist, sondern gewollter Effekt. Dass kirchliche Architektur und heiliger Gesang im Mittelalter eng miteinander verbunden waren, und zwar entsprechend der Liturgie und dem Gottesverständnis, die einen Orden prägten. Diesen Wechselwirkungen geht er in seiner Forschung nach.

Wer sich mit ihm unterhält, merkt schnell, dass er nicht nur einen engagierten Musikwissenschaftler vor sich hat. Morent hat auch Informatik und Historische Aufführungspraxis studiert und vermittelt als Mittelalter- →

01 Klosterkirche Maulbronn: Mit seinem Ensemble „Ordo Virtutum“ nimmt Musikwissenschaftler Morent mittelalterliche Gesänge auf.

// Maulbronn monastery church: Musicologist Morent records medieval chants with his ensemble "Ordo Virtutum".

02 Prof. Dr. Stefan Morent
Photo: Friedhelm Albrecht

03 Prof. Dr. Thomas Schipperges
Photo: Friedhelm Albrecht

Experte die Musik dieser Zeit mit viel Leidenschaft nach außen. Schon als Jugendlicher gründete er eine Gruppe für Mittelalter-Musik. Heute schätzt er die Arbeit im Archiv genauso wie die öffentlichen Auftritte mit „Ordo Virtutum“ bei internationalen Konzertfestivals für Alte Musik.

Akustisch in die Vergangenheit gebeamt

In der gut erhaltenen Klosterkirche von Maulbronn lässt sich der Klang, den die Choräle dort im Mittelalter wahrscheinlich entfalteteten, heute noch nachempfinden. Anders an Orten, wo nur Kirchenruinen übrig sind, wie etwa beim Kloster Hirsau im Nordschwarzwald. Wie klangen die Gesänge wohl dort? Diese Frage trieb Morent um. Er beschloss, zerstörte Kirchen, die für die Choräle der Mönche von hervorgehobener Bedeutung waren, virtuell wieder aufbauen zu lassen. Die Idee für sein Projekt war geboren.

Im Frühjahr 2019 vermaß ein Team der Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft mit einem 3D-Laserscan die Maulbronner Kirche, um daraus ein virtuelles Modell des Gebäudes zu erstellen. Experten der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen nutzten die Daten im Anschluss, um daraus wiederum die virtuellen Akustiken der Räume zu berechnen und so später den realen mit dem virtuellen Klang abgleichen zu können. Gestützt durch die Erfahrungen aus Maulbronn sollen in einem nächsten Schritt nun die nicht mehr erhaltenen Kirchen von Hirsau und St. Gallen mitsamt ihrer Akustik digital rekonstruiert werden. Die Stiftsbibliothek St. Gallen und der Campus Galli in Messkirch, wo der berühmte St. Galler Klosterplan real nachgebaut wird, haben ihre Kooperation bereits zugesagt.

Im August 2019 begannen für Morent und „Ordo Virtutum“ die Aufnahmen, zunächst die realen: In Maulbronn nahmen sie ein Offizium für den Heiligen Bernhard von Clairvaux auf, das in einer Maulbronner Handschrift um das Jahr 1230 notiert wurde. Als Folge werden in Aachen Aufnahmen entstehen, bei denen Morents Ensemble sozusagen akustisch in die Vergangenheit gebeamt wird. Während die sieben Sänger in einem schalltoten Raum singen, hören sie über Kopfhörer in Echtzeit den vir-



04

tuellen Raumklang ihrer eigenen Stimmen. Für weitere Aufnahmen wird das Ensemble dann zusätzlich die visuelle 3D-Rekonstruktion der Kirche erleben. Morent ist sich sicher, dass beide Ebenen wichtig sind, „damit die Sänger optisch wie akustisch so agieren, als seien sie wieder im mittelalterlichen Raum“.

Konzert in der Virtual Reality

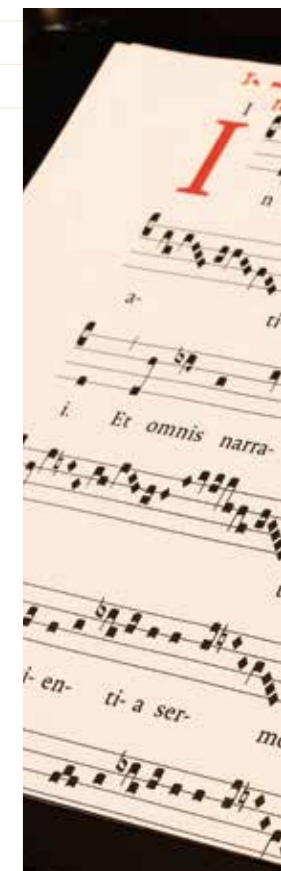
Für die wissenschaftliche Auswertung reizt ihn vor allem der Vergleich der ausgewählten Kirchen, da sich die Zisterzienser in Maulbronn von der durch Cluny geprägten Ordenstradition in Hirsau und der benediktinischen in St. Gallen bewusst abwandten. Der ekstatischen Hinwendung zu Gott in Cluny setzten die Zisterzienser ein asketisches Verständnis entgegen. Morent ist gespannt, wie sich das in der Akustik niederschlägt.

Die Wissenschaftler sind sich einig, dass das Projekt „Sacred Sound“ weitergehen muss, wenn 2020 die aktuelle Finanzierung endet. Sie werden einen Antrag für eine DFG-Forschungsgruppe stellen, die üblicherweise sechs bis acht Jahre besteht. Morent denkt derweil schon darüber nach, wie er die Erkenntnisse aus dem Projekt nach außen tragen könnte. Eine Idee schwebt ihm bereits vor: eine Aufführung mit seinem Ensemble, bei der eine 3D-Surround-Sound-Technik zum Einsatz kommt und Sänger wie auch Publikum 3D-Brillen tragen. Gemeinsam beamen sie sich dann ins Mittelalter zurück, etwa in die Klosterkirche von Hirsau. In eine verloren geglaubte Architektur und ihre Akustik, die er und sein Forscherteam virtuell zu neuem Leben erweckt haben werden. _____//

”
Fast so, als ob die Klänge ineinandergehen und man Mehrstimmigkeit hören kann. Weil der Klang noch im Raum ist, wenn der nächste kommt.

Almost as if the sound is joined by many voices. Because the sound is still reverberating in the room when the next note comes.

“



> english

// _____ Stefan Morent wants to bring the past to life. He can already imagine how the monastic chant of the 13th century will reverberate through loudspeakers that far surpass the experience of stereo sound. It must sound as rich as in the sacred spaces of the Middle Ages – even if most of the churches of that time are no longer standing. Morent wants to reconstruct churches of the past through virtual models and resurrect their special acoustic environments with the technical resources of Digital Humanities.

Morent is an associate professor at the Institute of Musicology and speaker of the project “Sacred sound – Musical manifestations of the sacred between theory and practice”. He initiated the interdisciplinary project with Thomas Schipperges, director of the Institute of Musicology. They are united in their belief that music and sound play an important sacralized role in almost all religions. Often, those who create or hear music or sound experience transcendence, they say.

Previous research has mostly focused on either theory or practice. The team led by Schipperges and Morent seek to combine both worlds and compare different religions. In addition to musicology, the project also includes researchers from religious studies, the Faculties of Protestant and Catholic Theology and the Center for Islamic Theology. “Speaking of sacred sounds, the theologians often take a different view to researchers in religious studies or musicology”, says Schipperges. “But it is valuable to be familiar with each other’s perspectives, from the inside and outside.” →



05

04 Der Gesang wird virtuell mit rekonstruierten Kirchenräumen verknüpft, um das Hörerlebnis aus dem Mittelalter nachzuempfinden.

// The recording will be virtually linked to a virtual reconstruction of the church to recreate the acoustic experience from the Middle Ages.

05 Der Kunstkopf simuliert während der Aufnahmen einen „virtuellen Hörer“. // The artificial head simulates a virtual listener during the performance.



06

Bathing in sound

Morent's project set out in St. Gallen, Cluny, Citeaux and Hirsau in search of lost sacred sounds. Far from just studying medieval monastic chants, Morent also performs them with his ensemble "Ordo Virtutum". At the moment he is sitting at the computer and playing an "Alleluia", which was recorded in 2016 with his ensemble and the broadcaster SWR in the Maulbronn monastery church. He wants to show that each church has its own specific acoustics. The voices of the singers sound warm. "What is special is that the sound is reflected from these barren walls", says Morent about the church in Maulbronn. "Almost as if the sound is joined by many voices. Because the sound is still reverberating in the room when the next note comes. It's like bathing in sound." Morent suspects that this isn't a coincidence, but a deliberate effect. He believes that ecclesiastical architecture and sacred chant were closely connected in the Middle Ages, in accordance with the liturgy and the understanding of God that characterized an order. His research is investigating this relationship.

Anyone who talks to him quickly realizes that Morent is not just a committed musicologist. He also studied computer science and historical performance practice and, as a medieval expert, conveys the music of this period to the outside world with a great deal of passion. He first founded a medieval music group as a teenager. Today he appreciates his work in the archives as much as the public performances at international concert festivals for early music.

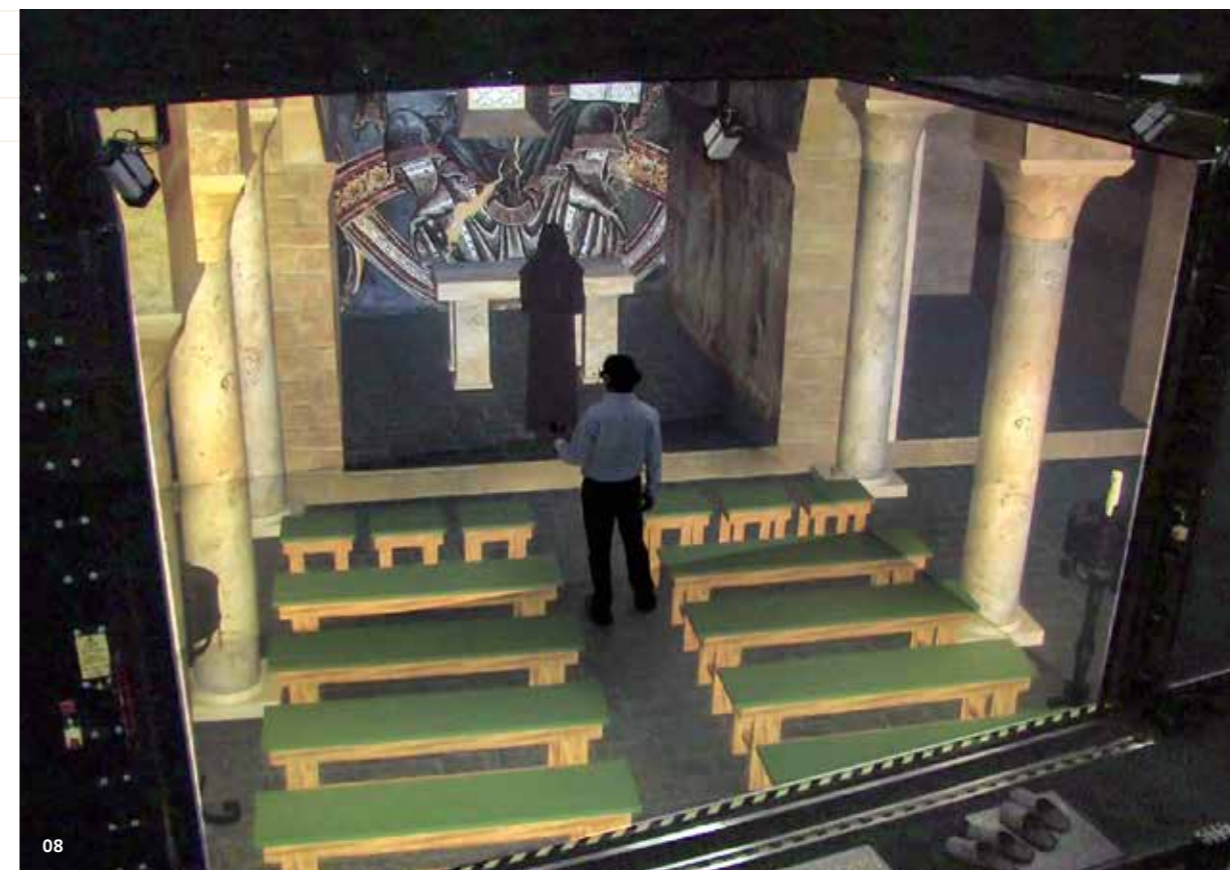
Beamed into the past by sound

In the well-preserved monastery church of Maulbronn, the sound that monastic chant likely made in the Middle Ages can still be felt today. Other sacred places only remain as ruins such as the Hirsau monastery in the Black Forest. Wondering how these sacred spaces sounded acoustically, Morent turned to virtual reality to rebuild destroyed churches that were of great importance for monastic chant. The idea for his project was born.

In spring 2019, a team from Karlsruhe University of Applied Sciences measured the Maulbronn church with a 3D laser scan to create a virtual model of the building. Experts from the RWTH Aachen University then used the data to calculate the virtual acoustics of the rooms and later to compare the real and virtual sound. Learning from Maulbronn, the scientists now plan to digitally reconstruct the past churches of Hirsau and St. Gallen and their acoustic environments. The Abbey Library of Saint Gall and the Campus Galli in Messkirch, where the famous Plan of Saint Gall is actually being recreated, have already confirmed their cooperation.



07



08

Concert in virtual reality

In August 2019 the first recordings for Morent and "Ordo Virtutum" began in the real world: In Maulbronn they recorded an Office for Saint Bernard of Clairvaux in collaboration with SWR, which originated from a Maulbronn manuscript around the year 1230. Later in the project, recordings will be made in Aachen that beam Morent's ensemble acoustically into the past, so to speak. While the seven singers perform in an anechoic chamber, they will hear the sound of their own voices in the virtual acoustic environment via headphones in real time. In further recordings, the ensemble will also experience a visual 3D reconstruction of the church. Morent is sure that both levels are important, "so that the singers act optically and acoustically as if they were back in medieval times".

In the scientific evaluation Morent is particularly keen on comparing the selected churches, since the Cistercians in Maulbronn deliberately turned away from the religious tradition in Hirsau, which was influenced by Cluny, and the Benedictine tradition in St. Gallen. The Cistercians countered the ecstatic turn to God in Cluny with an ascetic understanding. Morent is curious to see how this is reflected in the acoustics.

The researchers agree that the "Sacred Sound" project must continue when the current funding ends in 2020. They are planning to submit an application for a DFG research group, which usually lasts six to eight years. Meanwhile, Morent is already thinking about how he could communicate the findings of the project to a wider audience. He already has an idea in mind: a concert with his ensemble using 3D surround sound technology with 3D glasses for singers and audience alike. They could beam back to the Middle Ages, for example to the church of Hirsau; back to architecture and its acoustics once believed to have been lost, now resurrected in virtual reality by Morent and his team. _____//

06 Offizium für den Heiligen Bernhard von Clairvaux, 1230 in einer Maulbronner Handschrift notiert. // Officium for Saint Bernard of Clairvaux, recorded in a Maulbronn manuscript in 1230.

07 Experten vermessen den Kirchenraum mit Laserscannern, um ihn virtuell zu rekonstruieren. // Experts measure the church room with laser scanners gathering data for the virtual reconstruction. Photo: St. Morent

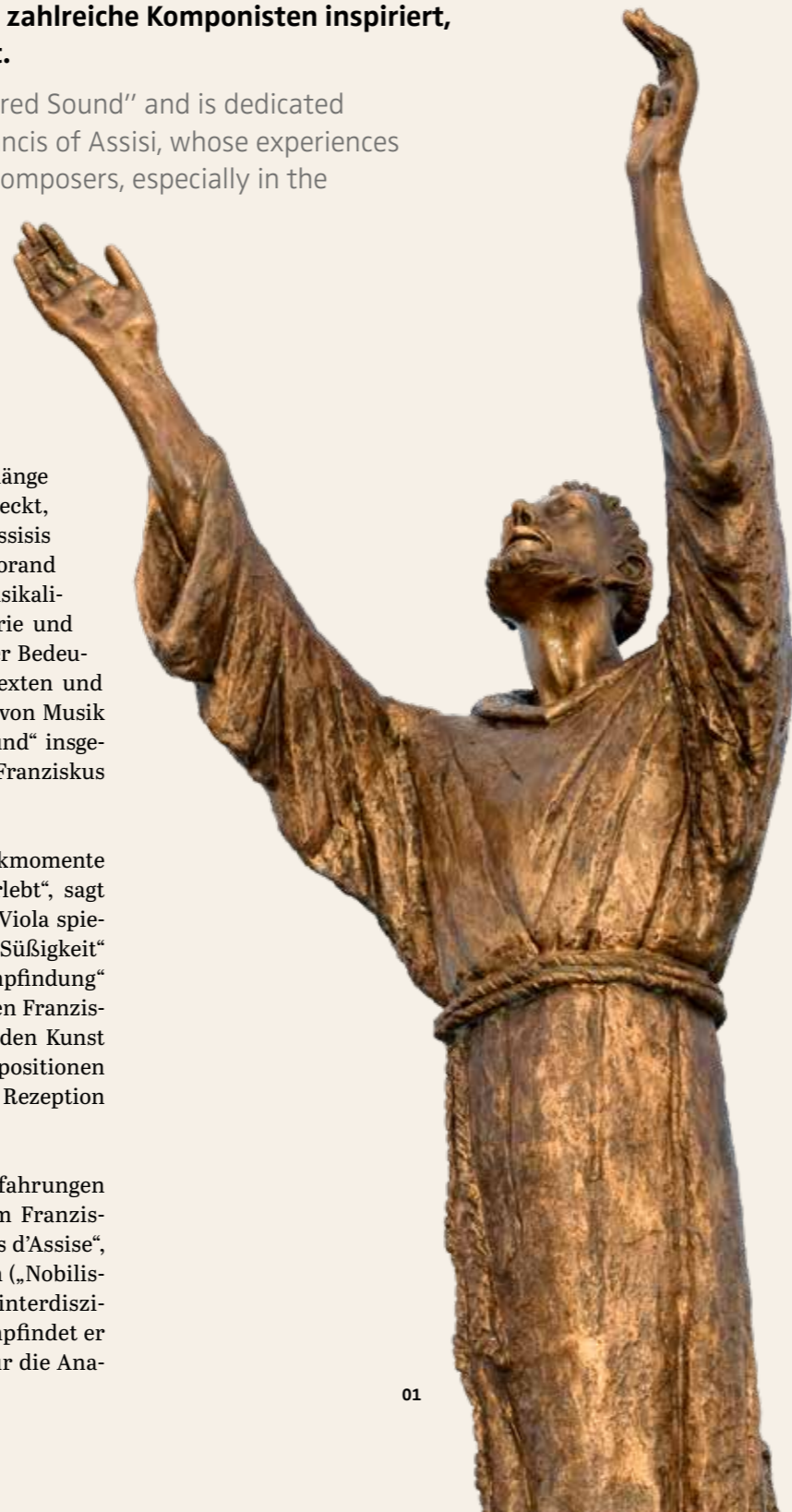
08 Akustische Virtual Reality: Der Besucher bewegt sich im Raum und erlebt dessen Original-Akustik. // Acoustic virtual reality: The visitor moves around the room and experiences its original acoustics. Photo: Institut für Technische Akustik, RWTH Aachen

Franz von Assisi und die Engelsmelodien

Francis of Assisi and the Melodies of Angels

Musikwissenschaftler Jörg Büchler koordiniert das Projekt „Sacred Sound“ und widmet sich der Frage, was die Musik für Franz von Assisi bedeutete. Dessen Transzendenzerfahrungen haben zahlreiche Komponisten inspiriert, insbesondere im 19. und 20. Jahrhundert.

// Jörg Büchler coordinates the project “Sacred Sound” and is dedicated to the question of what music meant to Francis of Assisi, whose experiences of transcendence have inspired numerous composers, especially in the 19th and 20th centuries.



> deutsch

// _____ Jörg Büchlers Faszination für die heiligen Klänge wurde vor einigen Jahren auf einer Italienreise geweckt, als er einen Abstecher in den Geburtsort Franz von Assisi machte. Mit nachhaltiger Wirkung: Heute ist er Doktorand und Koordinator des Projekts „Sacred Sound – Musikalische Manifestationen des Sakralen zwischen Theorie und Praxis“. In seiner Dissertation befasst er sich mit der Bedeutung von Musik in den frühen franziskanischen Texten und ihrer kompositorischen Rezeption. Die Verbindung von Musik und Transzendenz, die für das Projekt „Sacred Sound“ insgesamt eine wichtige Linie darstellt, lässt sich bei Franziskus besonders gut untersuchen.

„In den Quellen lassen sich klar abgegrenzte Musikmomente ausmachen, in denen Franziskus Transzendenz erlebt“, sagt Büchler. Etwa als Franziskus einen Engel auf einer Viola spielen hört und die „wonnevolle Melodie seine Seele mit Süßigkeit“ erfüllt, sodass sein Körper „jeder körperlichen Empfindung“ enthoben wird, so heißt es in den Fioretti des heiligen Franziskus. Solche Musikmomente, die auch in der bildenden Kunst vielfach aufgegriffen wurden, haben in den Kompositionen vor allem des 19. und 20. Jahrhunderts eine breite Rezeption erfahren.

Büchler untersucht, wie solche Transzendenzerfahrungen musikalisch verarbeitet werden, unter anderem im Franziskus-Oratorium von Charles Gounod („Saint François d’Assise“, 1891) und im Franziskus-Ballett von Paul Hindemith („Nobilissima Visione“, 1938). Dass seine Dissertation in das interdisziplinäre Projekt „Sacred Sound“ eingebunden ist, empfindet er als Bereicherung: „Das ermöglicht mir, den Blick für die Analysen zu schärfen.“ _____//

01

> english

// _____ Jörg Büchler’s fascination with sacred sounds was awakened a few years ago on a trip to Italy when he made a detour to the birthplace of Francis of Assisi. It had a profound impact on him: Today he is a doctoral candidate and coordinator of the project “Sacred sound – Musical manifestations of the sacred between theory and practice”. His dissertation explores the meaning of music in the early Franciscan texts and its compositional reception. The connection between music and transcendence, which represents an important line of investigation for the project “Sacred Sound” as a whole, can be studied particularly well through Saint Francis.

“In the sources, clearly defined musical moments can be discerned in which Saint Francis experiences transcendence”, says Büchler. For example, when Saint Francis hears an angel playing a viola and the “delightful melody fills his soul with sweetness”, his body is “removed from any physical sensation”, it says in the Fioretti of Saint Francis. Such musically transcendent moments, which have also been explored by the visual arts, have experienced a broad reception in compositions, especially of the 19th and 20th centuries.

Büchler examines how such transcendental experiences are musically processed, among others in the Franciscan oratorio by Charles Gounod (“Saint François d’Assise”, 1891) and in the Franciscan ballet by Paul Hindemith (“Nobilissima Visione”, 1938). The fact that his dissertation is part of the “Sacred Sound” project enriches his research: “It allows me to sharpen my analytical focus.” _____//



Sacred Sound Musikalische Manifestationen des Sakralen zwischen Theorie und Praxis

// Musical Manifestations
of the Sacred Between Theory and
Practice

> Projekt: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen die Verbindung von Musik und Religion
// Project: Scientists are investigating the connection between music and religion.

> Teilprojekte der Universität Tübingen // Subprojects at Tübingen University: Musikwissenschaft (Prof. Dr. Stefan Morent, Prof. Dr. Thomas Schipperges), Asien-Orient-Wissenschaften (Prof. Dr. Heike Oberlin, Prof. Dr. Robert Horres); Evangelische Theologie (Prof. Dr. Volker Leppin); Katholische Theologie (Prof. Dr. Johanna Rahner)

> Partner-Hochschulen // Partner universities: Dr. Jasmina Huber, Jüdische Studien, Uni Düsseldorf; Severin Parzinger, Kath. Theologie, Philosophisch-Theolog. Hochschule SVD St. Augustin; PD Dr. Wolfgang Vögele, Ev. Theologie, Uni Heidelberg; Prof. Dr.-Ing. Dieter Fritsch, Uni Stuttgart; Prof. Dr. Heinz Sailer, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft; Prof. Dr. Michael Vorländer, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

> Partner: Peter Gietz M. A., DAASI International Tübingen; Dr. Matthias Lang, eScience-Center der UT; Dr. Anette Sidhu-Ingenhoff, SWR; Dr. des. Mujadad Zaman, Zentrum für Islamische Theologie, UT

> Förderung: Exploration Fund (Zukunftskonzept Universität Tübingen), Oktober 2018–Oktober 2020
// Promotion: Exploration Fund (Institutional Strategy University of Tübingen), October 2018–October 2020

01 Franz von Assisi verband Musik mit Erlebnissen religiöser Transzendenz. // Francis of Assisi connected music with experiences of religious transcendence.

02 Doktorand Jörg Büchler // PhD candidate Jörg Büchler
Photo: Friedhelm Albrecht

Entdecke unser Young Engineers Program

maxon unterstützt mit dem Young Engineers Program (YEP) innovative Projekte mit vergünstigten Antriebssystemen und technischer Beratung. Erfahre mehr: www.drive.tech

Precision Drive Systems

maxon



Der Schlaf der Schnecken

How Slugs Sleep

TEXT
Uta Schindler

Warum schlafen wir? Albrecht Vorster will Licht ins Dunkel bringen – indem er den Schlaf der Meeresschnecke *Aplysia californica* erforscht. Der Neurobiologe hat dafür ein tierisches Schlaflabor eingerichtet.

// Why do we sleep? Neurobiologist Albrecht Vorster hopes to shed some light onto how the Californian sea hare *Aplysia californica* sleeps.

”
**Alte Schnecken schlafen schlecht,
 lernen zögerlich und haben
 Marotten im Essverhalten. So ähnlich
 wie wir Menschen.**

**Old slugs sleep badly, learn
 slowly and have quirky eating habits.
 Similar to us humans, really.**

“

> deutsch

// _____ „Just sleep“ – der Schriftzug erinnert an den Werbeslogan „Just do it“. Statt des berühmten Markenzeichens zielt ihn ein Wellenmuster: Hirnströme, die Schlaf ausmachen. Albrecht Vorster lächelt verschmitzt, bevor er verrät, dass der Entwurf, der über seinem Rechner an der Wand hängt, aus seiner Feder stammt. Er hat T-Shirts damit bedrucken lassen und sie an Freunde und Kollegen verschenkt. Vorster ist ein junger, umtriebiger Schlafforscher. Wissenschaft bewegt ihn und er will mit Wissenschaft bewegen. Der mehrfache Science-Slam-Gewinner hat gerade ein Buch geschrieben, das genau so heißt wie das, was er herausfinden will: warum wir schlafen.

„Die meisten Neurowissenschaftler haben sich in den letzten fünfzig Jahren kaum dafür interessiert, was im Gehirn vor sich geht, wenn wir schlafen“, sagt der 34-jährige Vorster. „Verstehen wir aber den Schlaf nicht, können wir nicht verstehen, wie unser Gehirn funktioniert. Wir übersehen die Hälfte des Lebens, womöglich die entscheidende Hälfte!“ Vorster promoviert am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen. Das Schlaflabor neben dem Gemeinschaftsbüro besucht er nur, wenn er ein Nickerchen einlegen muss. Das Schlaflabor für seine Forschung liegt fünf Stockwerke tiefer – im Keller. Er hat es nach den Vorlieben seiner Forschungsobjekte eingerichtet: Kalifornische Seehasen (*Aplysia californica*), eine Meeresschneckenart, die unter Wasser lebt.

Nur 20.000
 Nervenzellen

Derzeit finden allerdings keine Testreihen mit Meeresschnecken statt. Stattdessen ist Datenauswertung am PC angesagt: endlos lange Excel-Listen und Videomaterial. Vorster ist es als wahrscheinlich erstem Wissenschaftler weltweit gelungen, die Aktivität von Nervenzellen bei Schnecken zu messen und seine Versuchstiere parallel dazu rund um die Uhr zu filmen. So versucht er, aus dem Verhalten der Schnecken und der Nervenaktivität Rückschlüsse zu ziehen. Im Zentrum des Interesses: Wie verhält sich das Nervensystem im Schlaf und was macht der Schlaf mit dem Nervensystem?

Ausreichend langes und tiefes Schlafen führt nicht nur dazu, dass wir uns wach und fit fühlen, sondern stärkt auch unser Immunsystem und scheint eine Grundlage dafür zu sein, dass unser Gehirn effizient arbeiten kann. Bei dem Versuch zu verstehen, warum das so ist, steht den Neurobiologen ihr wichtigster Untersuchungsgegenstand allerdings oft im Weg. Mit hundert Milliarden Nervenzellen und schätzungsweise hundert Billionen Verknüpfungen ist das menschliche Gehirn geradezu unfassbar komplex.

In dieser Situation versuchen Forscherinnen und Forscher oft, grundlegende Erkenntnisse an einfacher aufgebauten Lebewesen zu erkennen. Während Vorster in den USA an seiner Diplomarbeit schrieb, untersuchte er Schlaf- und Lernprozesse an Fruchtfliegen: ein winziges Gehirn, aber immer noch 200.000 Nervenzellen – die reinste Fisselarbeit. Da kam ihm die Idee, auf *Aplysia californica* umzusatteln. Denn mit 20.000 Nervenzellen ist die Meeresschnecke deutlich übersichtlicher. Obendrein sind *Aplysia*-Neuronen mit bis zu einem Millimeter Durchmesser so groß, dass man einige sogar mit dem bloßen Auge sehen und sie



02



03

deshalb exzellent untersuchen kann. Ein weiterer Pluspunkt, den das Weichtier mitbringt: Es ist bezüglich Lernen und Gedächtnis bereits gut erforscht.

Schon seit den 1960er-Jahren hatte der Neurowissenschaftler Eric Kandel an Meeresschnecken einfache Lern- und Gedächtnisprozesse untersucht. Für den Schlaf der Schnecken hatte sich vor Vorster jedoch noch niemand interessiert. Der klopfte mit seiner Idee erst mal bei *Aplysia*-Forschern auf der ganzen Welt an. Viele winkten ab: „Es war bis vor einigen Jahren noch umstritten, ob der Schlaf von Wirbellosen mit dem von Wirbeltieren überhaupt vergleichbar ist“, erklärt Vorster. In Florida fand er schließlich eine Wissenschaftlerin, die ebenso begeistert von der Forschungslücke war wie er. Gemeinsam untersuchten sie in Tallahassee, ob die Meeresschnecke alle „Schlafkriterien“ erfüllt: „Nach vier Monaten wussten wir, dass die Meeresschnecke regelmäßig schläft.“

Mit dieser Erkenntnis im Gepäck fuhr der junge Wissenschaftler 2012 zur Jahreskonferenz der Society for Neuroscience. Er sprach Jan Born an, der das Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie an der Tübinger Universität leitet. Vorster erzählte dem renommierten Schlaf- und Gedächtnisforscher von seiner Entdeckung. Ein Jahr später begann er seine Promotion in Tübingen. Born unterstützte ihn als Doktorvater beim Einrichten eines Schlaflabors für Meeresschnecken. Weil es weder eine Blaupause noch Inven- →

Der Kalifornische Seehase *Aplysia californica* ist eine Meeresschnecke, die der Neurobiologie seit Mitte des letzten Jahrhunderts zu bahnbrechenden Entdeckungen verholfen hat: Ihre Nervenzellen gehören zu den größten der Welt. Natürlicherweise tummelt sich der Seehase vor allem vor der Küste von Kalifornien. Albrecht Vorster arbeitete mit Wildtieren, und zwar vor der Paarungszeit im Sommer. „Mach keine Schneckenforschung nach Juli, wenn du verlässliche Daten haben willst“, sagt der Biologe. „Alte Schnecken schlafen schlecht, lernen zögerlich und haben Marotten im Essverhalten. So ähnlich wie wir Menschen.“

// The Californian sea hare *Aplysia californica* is a sea slug that has helped neurobiologists make groundbreaking discoveries since the middle of the last century: Its nerve cells are among the largest in the world. The slug is mainly found in the sea off the coast of California. Albrecht Vorster studied wild sea slugs before the mating season in summer. “It is important to do any research with the slug before July”, says the neurobiologist. “Old slugs sleep badly, learn slowly and have quirky eating habits. Similar to us humans, really.”

01 Etwa 20.000 Nervenzellen hat die Meeresschnecke, bei einer Fruchtfliege sind es schon 200.000.
 // The Californian sea hare has about 20,000 nerve cells. A fruit fly has 200,000.
 Photo: iStock.com/muzon

02 Zur Abwehr von Feinden stößt der kalifornische Seehase giftige Tinte aus. // To ward off enemies, the Californian sea hare ejects poisonous ink.
 Photo: Genevieve Anderson

03 Doktorand Albrecht Vorster
 // PhD candidate Albrecht Vorster
 Photo: Kay Blaschke

”

Viele Krankheiten gehen mit einer Veränderung unseres Schlafverhaltens einher.

Many illnesses are associated with a change in our sleep patterns.

“

tar von der Stange gab, dauerte es mehr als ein Jahr, bis alles reibungslos funktionierte: „Aplysia-Aquarien sind zwar aufwendig, aber wunderbar zum Gucken. Es ist wirklich wunderschön, eine Schnecke zu beobachten, die gerade isst oder ganz filigran über das Glas gleitet, während der Muskel in einer Wellenbewegung pulsiert.“

Gelerntes wird
im Schlaf verarbeitet

Wenn Vorster erzählt, wie er den Schlaf anhand von Meeresschnecken erforscht, zieht er gerne ein kleines Schneckenexemplar aus roter Knete aus seiner Tasche und manchmal auch ein bisschen Meersalat: *Ulva lactuca*, die Lieblingsspeise der *Aplysia californica*. Neben einer Reihe von Experimenten entwarf der Neurobiologe unterschiedliche Futtertests, die verraten sollen, welche Rolle Schlaf bei Schnecken spielt.

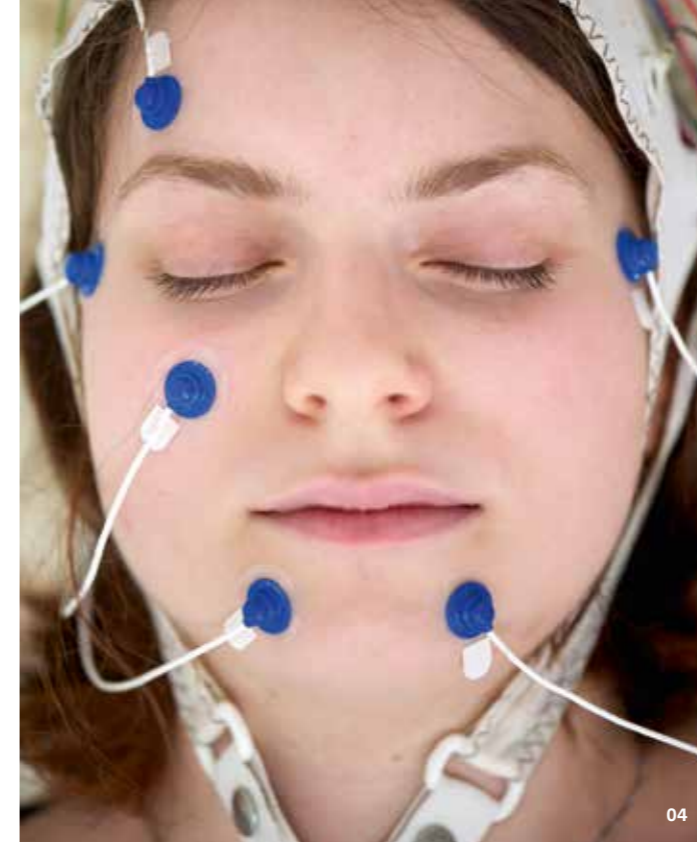
So stand in einem Experiment das Lernen im Fokus. Vorster hatte Futteralgen in ein engmaschiges Plastiknetz gepackt – die Schnecken konnten zwar darauf herumkauen, aber mehr nicht. Nach 30 Minuten gaben die Schnecken in der Regel auf. Die Tiere, die nach der frustrierenden Erfahrung ganz normal schlafen

durften, reagierten bei der nächsten Mogelpackung clever und ließen schon nach fünf bis zehn Minuten ab. Schnecken auf Schlafentzug mühten sich dagegen lange ab, mit ihrer Raspelzunge an die verpackten Grünalgen zu kommen. Ohne Schlaf hatten sie offenbar wenig dazugelernt.

„Schlaf ist die zweite Hälfte des Lernens“, sagt Vorster. Wenn wir lernen, verändern sich unsere Nervenzellen, es werden neue Verbindungen gebaut oder bestehende gekappt. Was zu viel gebaut oder verknüpft wurde, wird im Schlaf zurückgestutzt. Die Umbau- und Aufräumarbeiten sorgen dafür, dass das System optimal läuft. „Wir wachen morgens mit einem neuen Gehirn auf“, erklärt der Neurobiologe. Viele Wissenschaftler vermuten, dass bei der nächtlichen Aufräumarbeit den Tiefschlafphasen eine besondere Bedeutung zukommt. Feuern die Neuronen im wachen Zustand wild durcheinander, gehen sie im Tiefschlaf in eine gleichmäßige, wellenartige Aktivität über: „Die große Frage ist, warum es die Tiefschlafwellen gibt.“

Um die zugrunde liegenden Mechanismen zu verstehen, hat Vorster mit empfindlichen Elektroden die elektrischen Signale zwischen den Nervenknotenpunkten (Ganglien) im Gehirn der *Aplysia* untersucht. Begreift man ein Nervensystem als Datenautobahn, so bilden die jeweils aus etwa tausend Nervenzellen bestehenden Ganglien gewissermaßen die Autobahnkreuze. Und anders als bei Wirbeltieren mit ihren komplexen Gehirnen sind die Ganglien bei der Meeresschnecke übersichtlich angeordnet, sodass sich die Unterhaltungen zwischen den Ganglien gut mithören lassen. Die Art, wie die Nerven miteinander kommunizieren, hat sich in der Evolution kaum verändert.

„Das macht die Meeresschnecke zu einem fantastischen Forschungsmodell für Schlaf“, sagt Vorster. Viele Stunden Videomaterial mit den Unterhaltungen der Schneckenervenzellen hat der Schlafforscher sammeln können, Daten, die noch auf Auswertung warten. „Erst wenn wir den Tiefschlaf und seine Umbau- und Aufräumarbeiten bis ins kleinste Detail verstanden haben, können wir das für uns nutzen: für die Entwicklung neuer Therapien und Medikamente“, erklärt der Neurobiologe. „Bis dahin gibt es noch viel zu tun.“ _____//



04 Im Schlaf wird unser Gehirn aufgeräumt und umgebaut, Gelerntes kann im Langzeitgedächtnis verankert werden. // In our sleep, the brain is cleared up and rebuilt, knowledge can be anchored in long-term memory.

Photos: Wolfram Scheible

> english

// _____ “In the last 50 years, most neuroscientists have hardly been interested in what happens in the brain when we sleep”, says Albrecht Vorster. “But if we don’t understand sleep, we can’t understand how our brain works. Ignoring sleep overlooks half our lives, perhaps even the decisive half.” Vorster is doing his doctoral research at the Institute of Medical Psychology and Behavioral Neurobiology at the University of Tübingen. He only visits the sleep laboratory next to his office when he has to take a nap. The sleep laboratory for his research is located five floors below in the basement. He set it up to suit the Californian sea hare (*Aplysia californica*), a sea slug that lives under water.

Only 20,000
nerve cells

Vorster is probably the first scientist in the world to have succeeded in measuring the activity of nerve cells in sea slugs while filming them around the clock. He is using this data to find links between the slugs’ behavior and nerve cell activity. The main focus of this research is to discover how the nervous system behaves during sleep and what effects sleep has on the nervous system.

Sufficiently long and deep sleep not only makes us feel awake and fit, but also strengthens our immune system and seems to be a basis for our brain to work efficiently. When trying to understand why this is the case, neurobiologists often find the complexity of the brain stands in their way. With hundred billion nerve cells and an estimated hundred billion connections, the human brain is incredibly complex.

In this situation, researchers often try to identify basic findings in simpler organisms. While Vorster was writing his graduate thesis in the USA, he investigated sleep and learning processes in fruit flies, which have a tiny brain, but still 200,000 nerve

cells. Then he had the idea to switch to the Californian sea hare. With 20,000 nerve cells, this sea slug is much less complex. On top of that, *Aplysia* nerve cells are so large that some can even be examined with the naked eye. Another plus point: Its learning processes and memory are well researched.

In the 1960s, neuroscientist Eric Kandel researched simple learning and memory processes in sea slugs. However, nobody had been interested in how sea slugs sleep before Vorster. He approached many *Aplysia* researchers all over the world with his idea and was often turned down before finding a researcher in Florida who was similarly fascinated by his research. After a four-month investigation in Tallahassee, they were able to determine that the Californian sea hare sleeps regularly. With this finding under his belt, Vorster attended the annual conference of the Society for Neuroscience in 2012. He approached Jan Born, who heads the Institute for Medical Psychology and Behavioral Neurobiology at the University of Tübingen. Vorster told the renowned sleep and memory researcher about his discovery. One year later Vorster began his doctoral research in Tübingen. Born supported him as his doctoral supervisor in setting up a sleep laboratory for sea slugs. →



„Für viele Menschen ist Schlaf nur ein notwendiges Übel: Augen zu und durch. Dabei ist Schlaf ein wichtiger Teil von uns. Er hilft, unsere Motorik zu perfektionieren, sortiert unser Gedächtnis und klärt unsere Gefühle. Schlaf ist aber auch ein sicherer Spiegel unseres allgemeinen Gesundheitszustandes. Viele Krankheiten gehen mit einer Veränderung unseres Schlafverhaltens einher“, sagt Vorster.

// “For many people, sleep is only a necessary evil: We close our eyes and get on with it. But sleep is an important part of our lives. It helps to perfect our motor skills, sorts our memory and clarifies our feelings. Sleep also reflects our general state of health. Many illnesses are associated with a change in our sleep patterns”, says Vorster.



06



Albrecht Vorster: Warum wir schlafen.

Weshalb unsere Beine manchmal keinen Schlaf finden, auch Schnecken sich schlau schlummern und andere faszinierende Erkenntnisse über den unbekanntesten Teil unseres Lebens.

München 2019. ISBN-13: 978-3453206090

05

We process what we have
learned during sleep

When Vorster talks about his research into how slugs sleep, he likes to pull a small red plasticine slug out of his pocket and sometimes a little sea salad: *Ulva lactuca*, the favorite meal of *Aplysia californica*. In addition to a wealth of other experiments, the neurobiologist has also designed various feeding tests to reveal the role of sleep in sea slugs.

One of these experiments focused on learning. Vorster wrapped algae in a tightly-meshed plastic net that the slugs were unable to break through. After 30 minutes the slugs usually gave up. The slugs that were allowed to sleep normally after the frustrating experience reacted cleverly to the next deceptive food parcel and gave up after five to ten minutes. Sleep-deprived slugs struggled for a long time to reach the packaged algae with their radula. Without sleep, they had apparently learned little.

“Sleep is the second half of learning”, says Vorster. When we learn, our nerve cells change, new connections are built or existing connections are broken. We can refine these structures and connections in our sleep. Rebuilding and cleaning up ensures that the system runs optimally. Many scientists suspect that the deep sleep phases are of particular importance during nightly clean-up work. Although neurons fire wildly while we are awake, they develop an even, wave-like activity in deep sleep. The key question is why deep sleep waves exist.

Vorster used sensitive electrodes to study the electrical signals between aggregations of nerve cells (ganglia) in the *Aplysia* brain. If we assume that the nervous system is a data highway,

the ganglia, each consisting of approximately thousand nerve cells, would form the interchanges. And unlike vertebrates with their complex brains, the ganglia of the sea slug are clearly arranged so that the communication between them can be observed. The way the nerve cells communicate with each other has hardly changed throughout evolution.

Vorster has been able to collect many hours of video material of how the nerve cells behave which is now awaiting further evaluation. “Only when we have understood deep sleep and its reconstruction and clean-up work down to the smallest detail can we use this to develop new therapies and drugs”, explains the neurobiologist. “We won’t be getting much rest until then.” _____//

05 Präpariertes Nervensystem der *Aplysia californica* // Nervous system of the Californian sea hare
Photo: Albrecht Vorster

06 Schläft tatsächlich: die Meeres-
schnecke "Kalifornischer Seeohr" (*Aplysia californica*) // Known to sleep: the Californian sea hare (*Aplysia californica*)
Photo: Genevieve Anderson



www.klocke.com

Wir suchen:

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

1. die Qualitätskontrolle
2. das Qualitätsmanagement

QUALIFIKATION:

Student/in des Studiengangs
Verfahrenstechnik, Biotechnologie
oder ähnlicher Studiengang



Klocke Pharma-Service GmbH, Personalabteilung, Straßburger Str. 7, 77767 Appenweier
susanne.bruder@klocke-pharma.de

**Gutes Aussäen
ist alles.**

Wer sich selbst ernähren kann,
führt ein Leben in Würde.
brot-fuer-die-welt.de/saatgut



Mitglied der **actalliance**

Würde für den Menschen.

**Sicherheit ist
Spezialwissen**

weitergeben und von
der Erfahrung anderer
profitieren.

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

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

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



Drei Fragen zu ... // Three Questions on ...

Menschenrechten

Human Rights



Vor mehr als 70 Jahren wurde die Allgemeine Erklärung der Menschenrechte formuliert. In der internationalen Politik haben sie seitdem Veränderungen angestoßen, für Konflikte gesorgt und wurden so manches Mal instrumentalisiert. Der Historiker Jan Eckel erforscht die wechselvolle Geschichte der Menschenrechte.

// The Universal Declaration of Human Rights was formulated more than 70 years ago. In international politics, it has since triggered changes, created conflicts and has also been instrumentalized in many ways. Historian Jan Eckel reflects on the eventful history of human rights.



Photo: Friedhelm Albrecht

> deutsch

// attempto!: Sie beschreiben die Rolle der Menschenrechte in Geschichte und Politik als sehr wandelbar. Wo stehen wir heute, mehr als 70 Jahre nach der Resolution der Vereinten Nationen?

Jan Eckel: Nach meiner Beobachtung gab es in den 1990er-Jahren noch mal eine Phase, in der sich weltweit unterschiedliche Akteure auf den Menschenrechtsgedanken berufen haben. Das war eine Phase des Optimismus. Aus Zeugnissen liest man, wie zukunftsfröhlich auf kommende Zeiten geschaut wurde. Doch seit dem Krieg gegen den Terror scheint der Menschenrechtsgedanke stark diskreditiert. Unter anderem wurde der Einsatz für Menschenrechte im Irak-Krieg vorgeschoben, westliche Staaten fingen wieder an zu foltern. Man hatte den Eindruck, Interventionen von Staaten, besonders der USA, dienen nur der Durchsetzung politischer Interessen.

Gleichzeitig hat sich eine gewisse Routine eingestellt. Westliche Staaten bemühen sich, die Menschenrechtsfrage im Blick zu behalten. Deutschland hat ein elaboriertes und breit gefächertes außenpolitisches Programm zu

Menschenrechten. Aber dieses entfaltet nicht mehr einen solchen Sog und eine solche visionäre Kraft, es fließen nicht mehr so viele Veränderungsenergien in den Menschenrechtsgedanken wie in den 1970er- oder 1990er-Jahren.

// Das heißt aber längst nicht, dass der Einsatz für Menschenrechte weniger aktuell ist?

Gerade der sogenannte klassische Bereich, in dem es um politische Rechte und die Frage nach dem Recht auf physische Unversehrtheit geht, bleibt hochaktuell. Da muss man sich nur ansehen, wie viele Diktaturen, Kriege oder gewaltsame Formen der Verfolgung es weltweit gibt. Hier sind Menschenrechtsforderungen immer noch eine politische Waffe – in Russland und China beispielsweise sterben Menschen für ihr Engagement in diesem Bereich.

Auch in Deutschland gibt es Missstände, die viel mit Menschenrechten zu tun haben können – denken Sie an Chancengleichheit, die Frage der Gleichbezahlung von Männern und Frauen für die gleiche Arbeit und natürlich die Frage von Asyl, wenn Menschen zu uns fliehen.

// Erweitert sich die Debatte immer wieder um neue Fragen, beispielsweise durch die Digitalisierung und Themen wie Überwachung oder Privatsphäre im Internet?

Dass neue Fragen der Privatsphäre und ihres Schutzes auf uns zukommen, zeigt sich deutlich – gerade in den Sozialen Medien, wo oft Daten verbreitet werden, die eigentlich geschützt sein sollten. Dies ist bislang eine Debatte über Grundrechte, die von Nationalstaaten verbürgt werden, und nicht über universale Menschenrechte. Aus analytischer Perspektive ist die interessante Frage: Gibt es Akteure oder Gruppen, die dieses Thema mit einer menschenrechtlichen Forderung verbinden? →

Der Begriff hat sich als sehr dehnbar erwiesen, deshalb könnte es sein, dass wir irgendwann auch über digitale Menschenrechte sprechen, so wie wir über Umweltschutz als Menschenrecht sprechen.

Ich bin allerdings nicht davon überzeugt, dass wir alles, was wir uns für eine bessere Welt wünschen, auch als ein Menschenrecht formulieren müssen. Wer sollte beispielsweise das Recht auf eine gesunde Umwelt wem gegenüber durchsetzen? Ich bin ein Verfechter des Umweltschutzes, aber wir sollten die Erde auf anderen Wegen schützen. Die Ausformulierung eines neuen Menschenrechts finde ich hier nicht so entscheidend. _____//

// attempto!: You describe the role of human rights in history and politics as very changeable. Where do we stand today, more than 70 years after the United Nations made this declaration?

Jan Eckel: According to my observations, the situation was different in the 1990s when various actors around the world called attention to human rights. This was a period of optimism. In testimonies from that time, you can read how people were looking forward to the future. But since the War on Terror, the concept of human rights seems to have been discredited. The Iraq War was justified as a measure to protect human rights and Western states began to torture again. It seemed that state intervention, especially by the USA, only served to assert political interests.

At the same time, a sense of routine has set in. Western states are committed to monitoring human rights issues. Germany has an elaborate and wide-ranging foreign policy program on human rights. Yet this policy no longer has the momentum, visionary force, or transformative energy that flowed into the development of human rights in the 1970s or 1990s.

// But this doesn't mean that the commitment to human rights is any less topical?

Currently the classical ambit, which deals with political rights and the debate on the right to bodily integrity, remains highly topical. You only have to look at the many dictatorships, wars or violent forms of persecution that characterize our present age. Here, human rights demands are still a political weapon – in Russia and China, for example, people die for their commitment in this area.

In Germany, there are also many instances of inequality which are related to human rights, for example equal opportunities, pay equality and asylum.

Professor Dr. Jan Eckel

Jan Eckel ist Professor für Neuere Geschichte mit besonderer Berücksichtigung der Zeitgeschichte und Direktor des Seminars für Zeitgeschichte an der Universität Tübingen. Er erforscht unter anderem internationale Politik im 20. Jahrhundert, die internationale Holocaust-Rezeption und die Geschichte der Menschenrechte. In seiner Habilitation an der Universität Freiburg untersuchte er die Entwicklung der internationalen Menschenrechtspolitik seit den 1940er-Jahren. In seinem Buch „Die Ambivalenz des Guten“ analysiert er, mit welchen Zielen und Mitteln sich Staaten und Nichtregierungsorganisationen für Menschenrechte engagierten, Konflikte, die zu Menschenrechten geführt wurden und ihre oft widersprüchliche Auslegung und Instrumentalisierung.

// Jan Eckel is Professor of Modern and Contemporary History and Director of the Institute of Contemporary History at the University of Tübingen. His research interests include international politics in the 20th century, international Holocaust memory and the history of human rights. He is the author of the book "The Ambivalence of Good", which deals with the polycentric and conflictual evolution of international human rights policy in the decades since the Second World War.

// Is the debate continuing to expand to include issues such as digitalization, surveillance and Internet privacy?

We will be facing pressing questions relating to privacy, as we can see in the discussions on social media, where users often shared data that should really be private. So far this debate has considered fundamental rights guaranteed by nation states rather than universal human rights. From an analytical perspective, the most interesting question is: Are there individuals or groups who see this area as a human rights concern? The term has proven to be very elastic, so it is possible that at some point we will also be talking about digital human rights, just as we are talking about environmental protection as a human right.

However, I do not see much sense in framing everything that we might want for a better world as a human right. For example, who should enforce the right to a healthy environment against whom? I am an advocate of environmental protection, but we should protect the Earth in other ways. I do not believe the formulation of a new human right is a critical endeavor in this regard. _____//

Ausblick – in der nächsten Ausgabe

Outlook – in the next edition



Rost für sauberes Trinkwasser

Rust for Clean Drinking Water

→ Mehr als 20 Millionen Menschen weltweit sind durch Arsen im Grundwasser gefährdet: Das giftige Metall löst sich aus Sedimenten und gelangt so in Trinkwasser und Reisfelder. Der Geomikrobiologe Andreas Kappler hat die Situation in betroffenen Ländern untersucht. Mit seinem Team arbeitet er an biogeochemischen Verfahren, mit denen sich Arsen beispielsweise durch Rost binden und aus dem Wasser entfernen lässt.

// More than 20 million people worldwide are endangered by arsenic in groundwater: The toxic metal dissolves from sediments, eventually reaching drinking water and rice fields. Geomicrobiologist Andreas Kappler has investigated the situation in affected countries. His team is working on biogeochemical methods to remove arsenic from water by binding it to rust.

Bewegung gegen Parkinson

Exercise Reduces the Risk of Parkinson's Disease

→ Menschen, die sich ausreichend bewegen und soziale Kontakte pflegen, erkranken seltener an Parkinson: Die Nervenkrankheit wird nicht nur von Genen und Alterungsprozessen ausgelöst, sondern auch durch Umweltfaktoren beeinflusst. Genetikerin Julia Schulze-Hentrich untersucht, was dabei in einer Zelle vorgeht. Die Hoffnung: Langfristig könnten entsprechende zelluläre Mechanismen gezielt in Therapien nachgeahmt werden.

// People who exercise sufficiently and maintain social contacts are less likely to develop Parkinson's disease: The neurological illness is not only triggered by genes and ageing processes, but is also influenced by environmental factors. Geneticist Julia Schulze-Hentrich is investigating what happens at the cellular level during this process. In the long term, preventative cell mechanisms could be specifically imitated in therapies.

Impressum // Imprint

attempto! ist das Magazin der Eberhard Karls Universität Tübingen

Herausgeber **Professor Dr. Bernd Engler**
 Redaktion **Antje Karbe, Dr. Karl Guido Rijkhoek (verantwortlich)**
 Übersetzung **Daniel McCosh**
 Titelfoto U1 **@istock.com/scubaluna**
 Konzeption **In Medias Rees Werbeagentur**
 Gestaltung **NORDSONNE IDENTITY, Berlin**
 Lektorat **Korrekturbüro Burger, www.korrekturburger.de**
 Druck **Bechtel Druck GmbH & Co. KG**
 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.



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

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

aus. Mit zahlreichen Zusatzangeboten unterstützen Sie die Rems-Murr-Kliniken in Ihrem Praktischen Jahr unter anderem mit einem Mentorenprogramm, der Teilnahme am internen Fort- und Weiterbildungsprogramm, einer monatlichen Vergütung in Höhe von 400 Euro, einer Auswahl von Sachleistungen, wie z.B. Wohnen in Kliniknähe, Verpflegung in der klinikeigenen Cafeteria oder einem Zuschuss zum öffentlichen Nahverkehr mit bis zu 250 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, Gefäßchirurgie, Viszeralchirurgie, Unfallchirurgie)
 Innere Medizin (Allgemeine Innere Medizin, Gastroenterologie, Kardiologie, Geriatrie, Hämatologie, Onkologie und Palliativmedizin)

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

Unsere Angebote für PJ-Studierende im Überblick:

- Eine monatliche Vergütung in Höhe von 400 Euro
- Auswahl von Sachleistungen bis zu einer Höhe von monatlich 250 Euro (z. B. Wohnmöglichkeiten in Kliniknähe, Verpflegung in der Cafeteria, Parken/Zuschuss öffentlicher Nahverkehr)
- Eine persönliche Betreuung durch unser Mentorenprogramm
- Regelmäßiger und strukturierter Unterricht in den Pflicht- und Wahlfächern
- Ein zusätzliches Kursangebot (z. B. Sonografiekurs, EKG, Notfalltraining)
- Zeit zum Eigenstudium im Umfang von einem halben Tag pro Woche
- Studienräume und Zugang zu Onlinebibliotheken
- Möglichkeit zur Teilnahme am internen Fort- und Weiterbildungsprogramm

Sie möchten mit uns durchstarten?

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

RMK

Rems-Murr-Kliniken

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

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

Wir sind medizinischer Spitzenversorger für die Region

19 Fachkliniken

Über 50.000 Patienten/Jahr

Standorte in Winnenden und Schorndorf

Landkreis in reizvoller Lage mit hoher Lebensqualität

Rund 2.400 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

Neu ab Herbst 2019:
 Wahlfächer Radiologie und Neurologie