

Alter Tradition neuen Glanz gegeben.

Und? Was hast du heute gemacht?

Wer etwas machen will, das ihn fordert, findet es im Handwerk.

 Handwerkskammer Reutlingen

DAS HANDWERK
DIE WIRTSCHAFTSMACHT. VON NEBENAN.

ATTEMPTO!

Ausgabe Issue → 48 | 2018
Forschungsmagazin der
Universität Tübingen
University of Tübingen magazine

Chip simuliert menschliche Organe
Chip Simulates Human Organs

Grönland: Was das Eis erzählt
Greenland: Secrets of the Ice

Astronomen vermessen den Himmel
Astronomers Survey the Sky

erbe
power your performance.

Als inhabergeführtes Familienunternehmen entwickeln, produzieren und vertreiben wir weltweit chirurgische Spitzentechnologie. Durch unsere zukunftsorientierte Unternehmensführung treiben wir den medizinischen Fortschritt voran und leben Werte wie Vertrauen, Respekt und Offenheit. Das ist die Basis unseres Erfolgs.

Lust auf Zukunft?

Dann bieten wir Ihnen eine Karriere in der Medizintechnik.

- Im Mittelstand.
- Beim Technologieführer.
- Weltweit.
- Mit hohen Wachstumsraten.

Beginnen Sie Ihre Zukunft bei uns.

Wir bieten Ihnen:

- Flexible Arbeitszeit
- Einarbeitungsprogramm und bedarfsgerechte Weiterbildung
- Familienfreundliches Arbeitsumfeld
- Betriebliches Gesundheitsmanagement
- Betriebliche Altersversorgung



Prädikat
Familienbewusstes
Unternehmen

Lust auf mehr Informationen?

Beginnen Sie Ihre Suche auf unserem Karriereportal unter erbe-med.com



Photo: Friedhelm Albrecht

Liebe Leserin, lieber Leser,

// _____ kann ein winziger Chip menschliche Körperfunktionen simulieren? Juniorprofessor Peter Loskill arbeitet an der Entwicklung sogenannter „Organ-on-a-Chip“-Systeme, die biologische, chemische und physikalische Wechselwirkungen unserer Organe abbilden. Langfristig könnten diese in medizinischen Studien zumindest teilweise Tierversuche ersetzen.

Zu einem weiteren aktuellen Thema hat die Medizin der Universität Tübingen die deutschlandweit erste Forschungsstelle eingerichtet: Dr. Robert Ranisch befasst sich mit ethischen Fragen der Genom-Editierung, die mit molekularbiologischen Methoden zielgerichtete Eingriffe in das Erbgut erlaubt.

In dieser attempto!-Ausgabe stellen wir Ihnen zudem Projekte vor, die Tübinger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in entlegene Gegenden führen: So sind Glaziologen in Grönland an Eisbohrungen in bis zu 2.600 Metern Tiefe beteiligt. Astrophysiker leisten Forschungsbeiträge zu Weltraumteleskopen wie eROSITA, das 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt den Himmel durchmustern wird.

Dagegen liegt das Projekt Campus Galli direkt um die Ecke, im baden-württembergischen Meßkirch. Tübinger Materialwissenschaftler vollziehen dort im Experiment nach, wie im Mittelalter Keramik gebrannt wurde. _____//

Wir wünschen viel Vergnügen bei der Lektüre!

Professor Dr. Peter Grathwohl

Prorektor für Forschung und Innovation

// Vice-President for Research and Innovation

Dear reader,

// _____ can a tiny chip simulate functions of the human body? Assistant Professor Peter Loskill is working on the development of “organ-on-a-chip” systems that map biological, chemical and physical interactions between our organs. In the long term, these could at least partially replace animal experiments in medical research.

The Faculty of Medicine at the University of Tübingen has set up Germany's first research centre on another current topic: Dr. Robert Ranisch deals with ethical questions of genome editing, which allows targeted interventions in the genome using molecular-biological methods.

In this issue of attempto! we also present projects that take scientists from Tübingen to far away places: Glaciologists in Greenland are drilling into the ice at depths of up to 2,600 meters. Astrophysicists are making research contributions to space telescopes such as eROSITA, which will survey the sky 1.5 million kilometers from Earth.

The Campus Galli project, on the other hand, is located just around the corner in Meßkirch in Baden-Württemberg. In this project, materials scientists from Tübingen are investigating how ceramics were fired in the Middle Ages. _____//

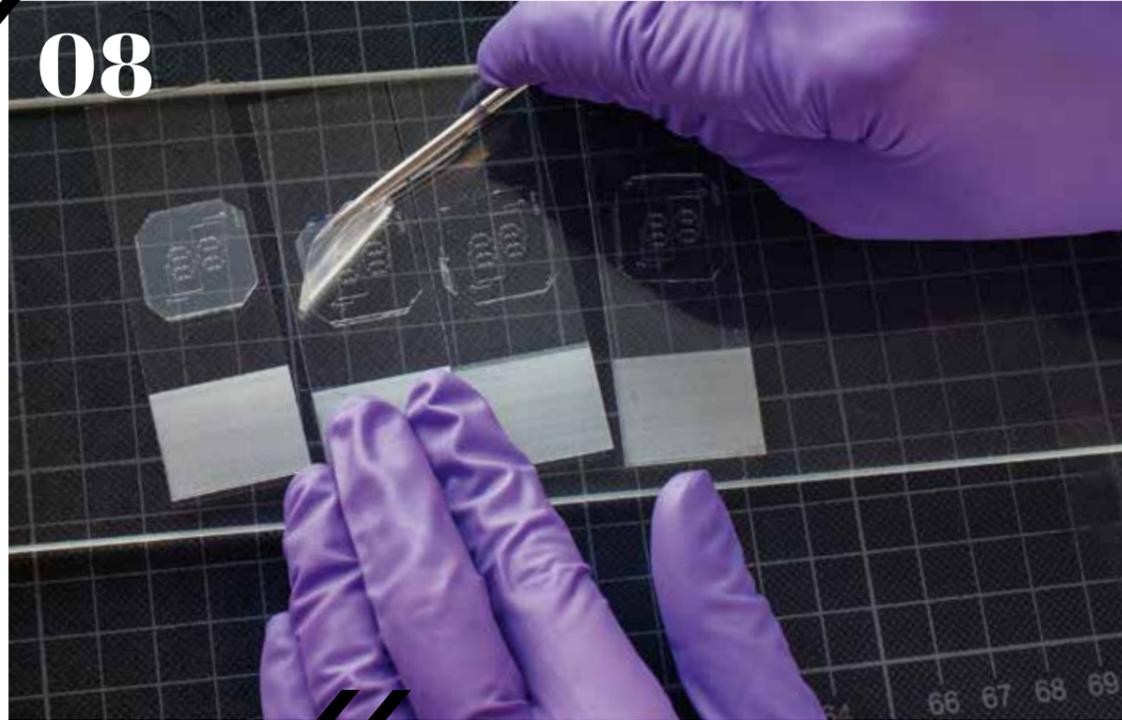
We hope you enjoy reading!

08

Alles auf einem Chip
All on One Chip

→ Peter Loskill entwickelt Organ-on-a-Chip-Systeme: Als Miniaturlabore können sie die Funktionen menschlicher Organe simulieren, sei es das Herz oder die Netzhaut. // Peter Loskill develops organ-on-a-chip systems: cell culture laboratories in miniature form that simulate the function of organs such as the heart or retina.

Photo: Berthold Steinhilber



28

Was das Eis erzählt
Secrets of the Ice

→ Mit Bohrungen in bis zu 2.600 Metern Tiefe entlockt ein Forschungsteam dem Eisschild Grönlands seine Geschichte. Seine Erkenntnisse lassen genauere Vorhersagen über den Anstieg des Meeresspiegels zu. // Researchers are drilling down to depths of 2,600 meters to uncover Greenland's history from the ice sheet. Their findings allow more accurate predictions on sea-level rises.

Photo: Ilka Weikusat/AWI/EastGRIP



20

Die Vermessung des Himmels
Surveying the Sky

→ Tübinger Astrophysiker sind an Großprojekten beteiligt, die den Himmel vermessen: Das Röntgenteleskop eROSITA wird das Universum nach Galaxienhaufen durchsuchen, das erdgebundene Cherenkov Telescope Array (CTA) durchleuchtet das Weltall im Gamma-Bereich. // Tübingen astrophysicists are part of international projects that survey the sky: The eROSITA X-ray telescope will search the universe for clusters of galaxies, the earthbound Cherenkov Telescope Array (CTA) studies the sky in the gamma range.

Photo: Berthold Steinhilber



36

Zeitreise im Dienst der Wissenschaft
Time Travel for Science

→ Auf dem Campus Galli brennen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Tongefäße wie die Zeitgenossen von Karl dem Großen. Die gewonnenen Daten sollen helfen, archäologische Funde zu interpretieren. // At Campus Galli researchers fire clay pots like the Carolingians. The data they collect helps with the interpretation of archaeological finds.

Photo: Christoph Jäckle

03 Editorial

04 Inhalt
Contents

→ FORSCHUNG RESEARCH

06 Kurzmeldungen
Research News in Brief

08 Alles auf einem Chip
15 All on One Chip

20 Die Vermessung des Himmels
25 Surveying the Sky

28 Was das Eis erzählt
33 Secrets of the Ice

36 Zeitreise im Dienst
der Wissenschaft

41 Time Travel for Science

→ DREI FRAGEN ZU ... THREE QUESTIONS ABOUT ...

44 Genom-Editierung
45 Genome Editing

46 Ausblick | Impressum
Outlook | Imprint

Kurzmeldungen

Research News in Brief

01

Tiere und Pilze fördern Leistungen von Wäldern

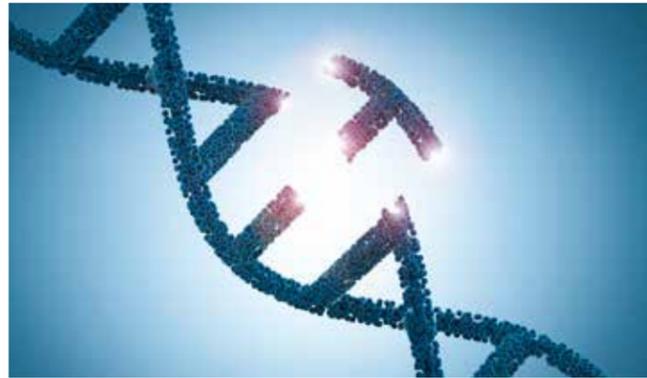
Animals and Fungi Enhance the Performance of Forests

→ Wälder sind wichtig für CO₂-Speicherung, Klimaregulation, Erosionsschutz – und auch für die Holzproduktion: Für diese Leistungen braucht es neben der Vielfalt an Baumarten eine Vielfalt an Tier- und Pilzarten, vor allem auch im Boden, wie eine internationale Studie zeigt, an der Bodenwissenschaftler und Geograf Thomas Scholten und sein Team beteiligt waren. Die Studie erfasste zehn Jahre lang in artenreichen Wäldern Chinas die Artenvielfalt von Käfern, Spinnen, Ameisen, Asseln und Pilzen sowie Prozesse, die für das Funktionieren der Wälder wesentlich sind: Holzzuwachs, die Kontrolle von Boden-erosion, das Recycling von Nährstoffen oder die biologische Kontrolle von Schädlingen. Die ganzheitliche Analyse macht deutlich, wie sich Biodiversität auf zahlreiche Prozesse im Wald auswirkt, beispielsweise auf die Verfügbarkeit von Nährstoffen für das Baumwachstum. Sie liefert zudem eine Datengrundlage für das künftige Management von Wäldern unter sich verändernden Umweltbedingungen. (Nature Communications)

// Forests are important for CO₂ storage, climate regulation, erosion control – and also for wood production: An international study conducted by soil scientist and geographer Thomas Scholten and his team has found that a diversity of animal and fungus species especially in soil has a positive impact on the performance of forests, in addition to a variety of tree species. For ten years, the study covered the biodiversity of beetles, spiders, ants, woodlice and fungi as well as processes that are essential for the functioning of forests in China's species-rich forests in wood growth, the control of soil erosion, the recycling of nutrients or the biological control of pests. The holistic analysis shows how biodiversity affects numerous processes in the forest, for example the availability of nutrients for tree growth. The study also provides data for managing forests in future under changing environmental conditions. (Nature Communications)



Ein gesunder Wald braucht eine Vielfalt an Tier- und Pilzarten.
// A healthy forest needs a variety of animal and fungus species.
Photo: Fotolia



Die RNA-Editierung birgt weniger Risiken als herkömmliche Methoden.
// RNA editing involves fewer risks than conventional methods.
Photo: Fotolia

02

Neues Werkzeug: RNA-Editierung erlaubt Veränderungen des Erbguts

New Tool: RNA Editing Allows Changes in Genetic Material

→ Mit der CRISPR/Cas-Methode lässt sich Erbgut gezielt bearbeiten. Dies eröffnet eine Fülle von Möglichkeiten für die Grundlagenforschung und Gentherapie, birgt aber auch Risiken – unter anderem werden auftretende Fehler für immer im Genom gespeichert. Der Biochemiker Thorsten Stafforst und sein Team haben nun mit einer sogenannten RNA-Editierung eine risikoärmere Alternativmethode vorgestellt: Damit lässt sich gezielt genetische Information auf Ebene der RNA verändern. Die Wissenschaftler machen sich dabei zunutze, dass Zell-Informationen aus der DNA durch eine „Arbeitskopie“ in Form von RNA weitergeleitet werden, die nach dem Gebrauch abgebaut wird. Selbst bei Veränderung der RNA bleibt die Originalinformation in der DNA erhalten. Es gelang ihnen, RNA-Moleküle in der Zelle mit höchster Effizienz und Präzision zu editieren. Mit dem neuen Werkzeug ließen sich potenziell eine Vielzahl an krankheitsverursachenden Mutationen rückgängig machen, so die Bilanz. (Nature Methods)

// The CRISPR/Cas method can already be used to specifically modify genetic material. This opens up a wealth of possibilities for basic research and gene therapy, but also carries risks such as errors being stored forever in the genome. The biochemist Thorsten Stafforst and his team have now presented a low-risk alternative method known as RNA editing: This enables the targeted modification of genetic information at the RNA level. The scientists take advantage of the fact that cell information from the DNA is transmitted through a “working copy” in the form of RNA, which is broken down after use. Even if the RNA changes, the original information remains in the DNA. They succeeded in editing RNA molecules in the cell with maximum efficiency and precision. The new tool could potentially reverse a large number of disease-causing mutations. (Nature Methods)

03

Für sauberes Wasser: Kläranlagen aufrüsten

New Purification Techniques for Clean Water

→ Eine Aktivkohlestufe in Kläranlagen kann dazu beitragen, Abwasser effizienter von Spurenstoffen wie Waschmitteln, Medikamenten oder Pflanzenschutzmitteln zu reinigen. Das schließt ein Team um die Biologin Rita Triebkorn aus einer Studie zur Auswirkung von Klärtechnologien auf Fische. Abwässer durchlaufen in Kläranlagen jeweils eine mechanische, biologische und chemische Reinigungsstufe. Zusätzlich kann eine vierte Stufe mit Technologien eingesetzt werden, die auf Aktivkohle oder Ozonierung basieren. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler hatten an drei konventionellen Kläranlagen Regenbogenforellen gehalten und unter anderem deren Leberwerte überprüft. Bei zwei von drei Anlagen maßen sie kritische Werte, das heißt, Spurenstoffe wurden verstärkt durch Entgiftungsprozesse abgebaut. Als eine der Anlagen mit einem Aktivkohlefilter ausgerüstet wurde, reduzierte dies die Werte deutlich. Da bei einer Kläranlage zu keinem Zeitpunkt erhöhte Werte gemessen wurden, lautet die Empfehlung aber, über die Notwendigkeit zur Aufrüstung von Kläranlagen je nach Zusammensetzung des Abwassers im Einzelfall zu entscheiden. (Environmental Sciences Europe)

// An activated carbon stage in wastewater treatment plants can help to purify wastewater more efficiently from trace substances such as detergents, medicines or pesticides. A team led by biologist Rita Triebkorn confirmed this in a study on the effects of wastewater treatments on the health of fish. Wastewater passes through mechanical, biological and chemical purification stages in treatment plants. Additional stages using activated carbon or ozonisation are increasingly being included as a fourth purification stage. The scientists kept rainbow trouts in rivers at three conventional wastewater treatment plants and examined their liver values. In two out of three plants, they measured critical values where trace substances were increasingly degraded by detoxification processes. When one of the plants was equipped with an activated carbon filter, these values reduced significantly. The scientists recommend to decide on the necessity of upgrading wastewater treatment plants on a case-by-case basis depending on the composition of the wastewater. (Environmental Sciences Europe)



Der Gesundheitszustand von Regenbogenforellen gibt Aufschlüsse über die Wasserqualität. // The health of rainbow trout provides information on water quality.
Photo: Alexander Elsässer



Mit der neuen Software lässt sich beispielsweise die Gangart von Pferden leichter vermessen. // New software makes it easier to measure the gait of horses.
Photo: ©Fotolia

04

Neue Software vereinfacht Tierbewegungsforschung

New Software Simplifies Animal Movement Research

→ Für unseren Sehapparat ist es einfach, feinen Handbewegungen präzise zu folgen. Die schwierige Aufgabe, dies auch einem Computer beizubringen, meistert eine neue Software, entwickelt von Neurowissenschaftler Matthias Bethge und einem Team von Wissenschaftlern aus Tübingen und der Harvard University. Die Wissenschaftler zeigten, dass DeeperCut, einer der besten Algorithmen zur Körperteilerkennung von Menschen, mit wenig Aufwand auf andere Fragestellungen umtrainiert werden kann. Der neue Algorithmus erkennt Körperteile so akkurat wie ein Mensch, wie unter anderem an Handbewegungen einer Maus oder die Bewegungen einer Fliege demonstriert wurde. Die Software ist für verschiedene Experimente einsetzbar und kann ohne Programmierkenntnisse bedient werden. Sie steht als Open Source Software unter mousemotorlab.org/deeplabcut zur Verfügung. Mehr als 100 Labore weltweit nutzen sie bereits, beispielsweise um die Gangart von Pferden zu vermessen oder die Bewegungen von Operationsrobotern aufzuzeichnen. (Nature Neuroscience)

// While it is easy for us to mentally track the dexterous movements of a hand, teaching a computer to do so can be very challenging. Enter DeepLabCut, a program developed by neuroscientist Matthias Bethge together with a team from the University of Tübingen and Harvard University. The scientists demonstrated that DeeperCut, a powerful algorithm to recognize human postures, can be tailored based on very little training data to track user-defined body parts as well as humans can. They demonstrated the versatility of this framework by tracking the hand articulation of mice, and body movements of egg-laying fruit flies. The software is transferable to many experimental designs, can be used without programming knowledge, and is available as open source software under mousemotorlab.org/deeplabcut. More than 100 laboratories worldwide are already using it, for example to study race horse gaits or to record the fine movements of threading surgical robots. (Nature Neuroscience)

Alles auf einem Chip

All on One Chip

TEXT

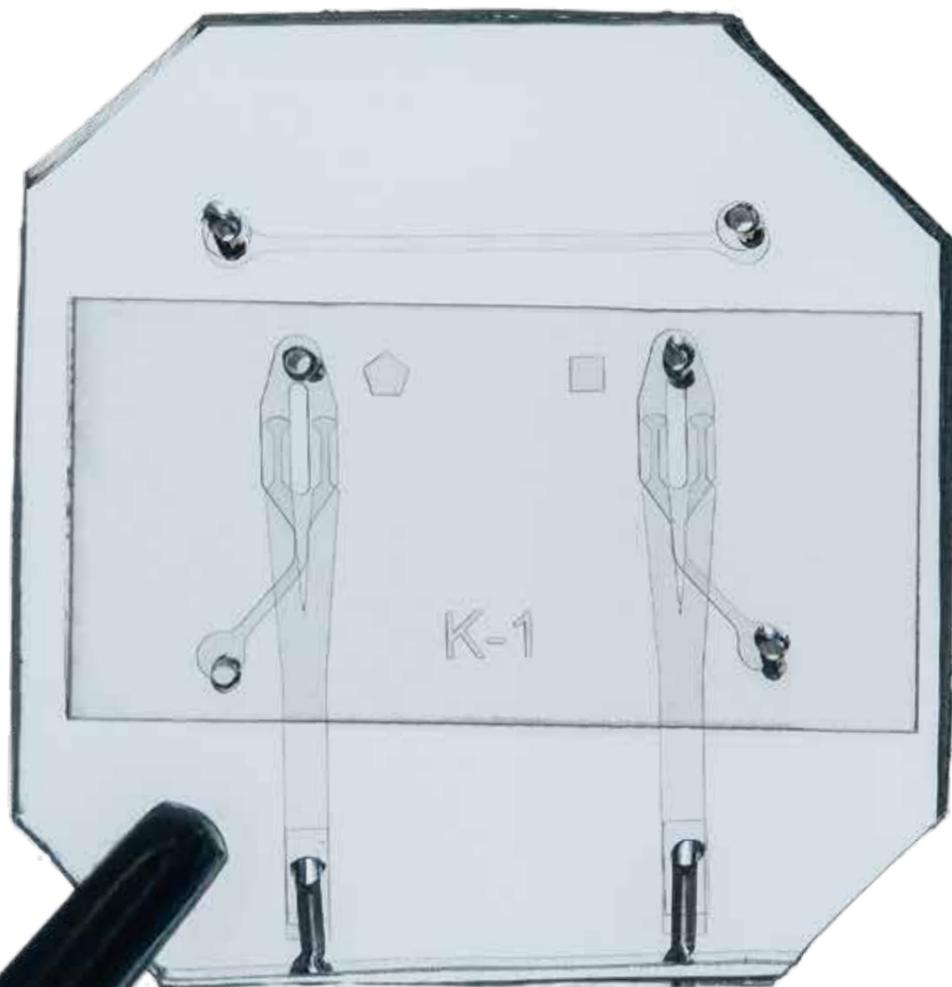
Bernd Eberhart

PHOTOS

Berthold Steinhilber

Der Physiker Peter Loskill entwickelt Organ-on-a-Chip-Systeme: Miniaturlabore, mit denen sich die Funktion menschlicher Organe simulieren lässt. Dank solcher Gewebe-Chips wird die personalisierte Medizin neue Wege beschreiten – und die Zahl der Tierversuche weiter abnehmen.

// The physicist Peter Loskill develops organ-on-a-chip systems. In these miniature laboratories, cell cultures gain a decisive component: their accustomed dynamic environment. Thanks to these tissue chips, personalized medicine will break new ground in the future and the number of animal experiments will continue to decrease.



01

> deutsch

// _____ Im Prinzip haben Peter Loskill und sein Team die Aufgaben von Architekten, die ein Ferienhaus für anspruchsvolle Kunden entwerfen. Es ist etwas kleiner als der Erstwohnsitz. Und doch muss alles da sein: eine Infrastruktur für Besorgungen aller Art und eine Einrichtung, funktional und gemütlich gleichermaßen. Das Haus soll zur Heimat werden fernab der Heimat.

Zugegeben, der Vergleich hinkt: Loskills Bewohner haben keinen Urlaub. Die Zellkulturen des Juniorprofessors verrichten harte Arbeit im Dienste der Wissenschaft. Im Rahmen einer Brückenprofessur zwischen der Universität Tübingen und dem Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB) in Stuttgart entwirft und erforscht er Organ-on-a-Chip-Systeme: Zellkultur-Labore im Miniaturformat, die die Funktion von Organen wie Herz oder Leber erstaunlich realitätsnah simulieren. Entscheidend ist, dass sich die menschlichen Zellen nicht in einer statischen Kultur befinden: Die Gewebe-Chips sind eingebettet in ein System der Mikrofluidik, sie können dynamisch mit Nährstoffen versorgt werden und Stoffwechselprodukte können laufend abtransportiert und analysiert werden.

01 Auf dem münzgroßen Chip lassen sich menschliche Organe simulieren.
// Human organs can be simulated on the coin-sized chip.

02 Juniorprofessor Dr. Peter Loskill
// Assistant Professor Dr. Peter Loskill

03 Das Organ-on-a-Chip-System wird im Computer vermessen.
// The organ-on-a-chip system is designed on the computer.

Maximale Funktion

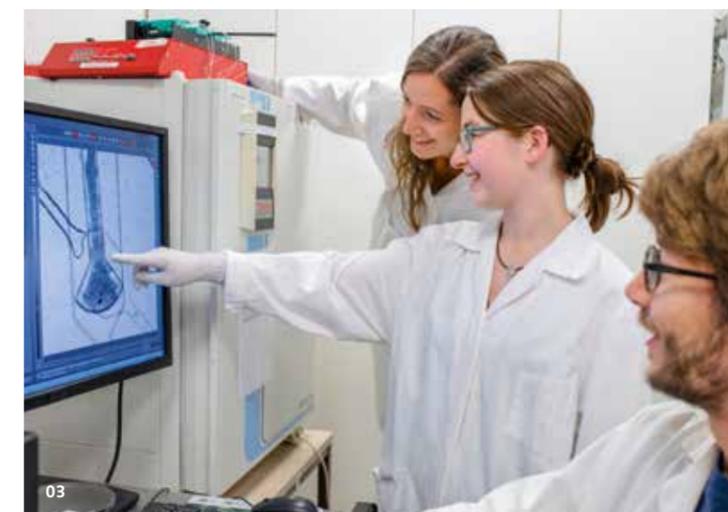
auf kleinstem Raum

„Wir suchen immer die kleinste Einheit, die noch funktional ist“, erklärt der Wissenschaftler das Grundkonzept. Im Labor am Stuttgarter IGB zeigt er einen seiner Chips: Das Heart-on-a-Chip hat ungefähr die Fläche einer Zwei-Euro-Münze, in der Höhe misst das Mini-Herz knapp einen halben Zentimeter. In dem aus durchsichtigen Silikon gegossenen Teil sind haarfeine Kanäle zu sehen. Einige davon können mit Herzmuskelzellen bestückt werden. Über eine poröse Barriere stehen sie in Kontakt mit parallel verlaufenden Kanälen, durch die eine Nährlösung gepumpt wird – und so die Blutversorgung in einem lebenden Organismus simuliert. Im Inkubatorschrank nebenan sind die Herz-Chips im Einsatz: Von außen sind nur die feinen Schläuche zu sehen, über die das Muskelgewebe versorgt wird. Wie in einem echten Herzen generieren die Muskelzellen selbst elektrische Impulse, leiten diese weiter und kontrahieren regelmäßig. Und neben Sauerstoff und Nährstoffen können über die Schläuche beispielsweise Medikamente eingebracht werden, um die Schlagfrequenz zu beeinflussen.

An sich sind Tests an In-vitro-Zellkulturen nicht neu. Die Pharmaindustrie nutzt Petrischalen mit lebenden Zellen seit Jahrzehnten in der präklinischen Testung neuer Wirkstoffe. Zwar lassen sich so einige Effekte gut überprüfen – eine toxische Substanz etwa tötet die Zellen sichtbar ab –, doch bei komplexen Vorgängen stoßen die Kulturen an Grenzen: Wechselwirkungen zwischen Geweben oder Organen lassen sich nicht abbilden, Stoffwechselwege oder gar eine Beteiligung des Immunsystems bleiben verborgen. Und eine essenzielle Größe wird ausgeblendet: Bewegungen, die bei Atmung, Darmfunktion oder Herzschlag auf die Zellen einwirken und ihre Funktion deutlich beeinflussen. Für seine Organs-on-a-Chip versucht Loskill daher, lebende Zellen so in dreidimensionalen Strukturen anzuordnen, dass er realistische Abläufe nachahmen kann. Er kombiniert Gewebetypen und lässt Zellen interagieren, bringt künstliche, halbdurchlässige Membrane ein, setzt die Kulturen mechanischen Dehnungen aus und versorgt sie über einen simulierten Blutfluss.



02



03

Vielfältiger Einsatz –

bis hin zur personalisierten Medizin

Hauptsächlich angewendet werden solche Chip-Systeme, um Medikamente, Kosmetika oder andere Stoffe auf Wirksamkeit oder Verträglichkeit im menschlichen Körper zu testen. Doch auch Krankheiten lassen sich so im Modell nachbauen und untersuchen. Und in Zukunft werden die kompakten Chips die personalisierte Medizin entscheidend voranbringen: Zellen eines Patienten könnten mitsamt möglicher Gendefekte auf individuellen Gewebe-Chips kultiviert werden – und Ärzte könnten so Therapien und Medikamente erproben, ohne den Patienten zu belasten.

Peter Loskill ist nicht auf ein bestimmtes Organ spezialisiert; als Architekt ist er zuständig für die Chips an sich: Er testet die für die jeweiligen Zelltypen ideale Kombination von Biomaterialien, optimiert die Mikrofluidik und feilt an der naturgetreuen Beweglichkeit von Zellmembranen. Meist kommen →



04



05

04 Die Chips werden aus Polydimethylsiloxan hergestellt. // The chips are made of polydimethylsiloxane.

05 Qualitätskontrolle unter dem Mikroskop // Quality control under the microscope

dort induzierte pluripotente Stammzellen (iPS) zum Einsatz – Zellen also, die aus fast beliebigen Körperzellen gewonnen und sozusagen in einen Urzustand versetzt wurden; sie lassen sich daraufhin wiederum zu beliebigen anderen Körperzellen differenzieren. „Sie könnten mir ein Haar ausreißen und daraus Stammzellen generieren“, sagt der Wissenschaftler. „iPS-Zellen ermöglichen uns, beliebige Gewebe zu simulieren. Und damit waren sie eine Grundvoraussetzung für den Aufschwung der Gewebe-Chips.“

Seit rund acht Jahren hält dieser Boom an – Organs-on-a-Chip sind ein heißes Thema der Biotechnologie. Besonders in den USA, von Cambridge bis Berkeley, arbeiten mehr als ein Dutzend Institute an Gewebe-Chips. Auch Loskill kam an der University of California in Berkeley in Kontakt mit der Technologie: Nach seiner Doktorarbeit an der Universität des Saarlandes zog es ihn für eine Postdoc-Stelle nach Kalifornien. Im Labor von Kevin Healy fand er, was er sich erträumt hatte: ein wahrlich interdisziplinäres Forschungsfeld. Schon während des Studiums in Saarbrücken hatte Loskill neben Physik noch Biologie und Mathematik belegt. In seiner Doktorarbeit untersuchte er die Wechselwirkungen künstlicher Materialien mit biologischen Objekten – sein Zweitgutachter war Mediziner. Als er 2013 nach Berkeley kam, ging es dort richtig los mit Organs-on-a-Chip. „Ich bin zur rechten Zeit angekommen“, sagt Loskill. An vorderster Front sammelte er wertvolle Erfahrungen, die er nun wieder mit in die Heimat bringt.

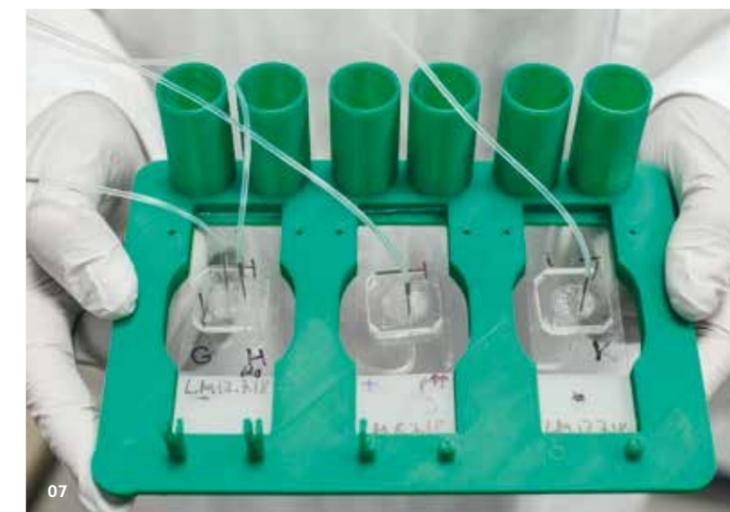


06

Rückkehr aus den USA

Denn auch in Europa wächst das Forschungsfeld. Peter Loskill kam 2016 zurück nach Deutschland: Über das Förderprogramm „Attract“ der Fraunhofer-Gesellschaft landete er in Stuttgart, wo er seither die Forschungsgruppe „Organ-on-a-Chip“ am IGB leitet. Mit seiner entspannten Art, dem Rauschbart und dem kurzärmeligen Hemd scheint er sich ein Stück kalifornische Lebensart erhalten zu haben; durch die Büros am IGB wedelt fröhlich sein Husky-Mischling Kodiak – „unser aller Therapiehund“, grinst der Physiker. Doch so sehr ihm an Anwendungsbezug und einer Umsetzung seiner Arbeit in die Praxis gelegen ist, so wichtig ist ihm eine Anbindung an die akademische Forschung und Lehre. Und so war bald die ideale Forschungsumgebung gefunden: die Universität Tübingen.

Katja Schenke-Layland ist Professorin für Medizintechnik und regenerative Medizin am Forschungsinstitut für Frauengesundheit der Uniklinik Tübingen. Auch sie war vor acht Jahren über „Attract“ nach Deutschland zurückgekommen. Im Auftrag



07

06 Die Herstellung erfordert präzise Feinarbeit. // Production requires precision work.

07 3D-gedruckte Halterung für Organ-on-a-Chip-Systeme // 3D-printed mount for organ-on-a-chip systems

der Fraunhofer-Gesellschaft machte sie sich auf die Suche nach talentierten deutschen Wissenschaftlern in den USA. „Und Peter war das Juwel, das ich dort gefunden habe“, lacht Schenke-Layland. Die Biologin forscht an Biomaterialien, an Testsystemen für verschiedene Erkrankungen und an Implantaten, etwa künstlichen Herzklappen. Schon in ihrer Doktorarbeit an der Universität Jena versuchte sie, eine solche Klappe zu entwickeln – zunächst ohne Erfolg. „Wir konnten zwar Herzklappen aus menschlichen Zellen züchten“, erzählt Schenke-Layland, „doch im Tiermodell haben die später nicht lange gehalten.“ Von der Kooperation mit Peter Loskill verspricht sie sich unter anderem in diesem Bereich neue Erfolge. „Seine Kenntnisse in der Biophysik erlauben uns, Bewegung in die Systeme zu bringen. Wir haben dann nicht länger ein statisches Kultursystem, sondern zum Beispiel ein Herz, das schlägt und durch das Blut hindurchfließt.“ Die Herzklappen sind nur eines ihrer gemeinsamen Projekte. Insgesamt geht es beiden darum, bessere, realistischere Testsysteme zu schaffen; ein Schwerpunkt wird dabei die Frauengesundheit sein.

Insgesamt ist die interdisziplinäre Forschung an Gewebe-Chips in Tübingen gut aufgehoben: Der Stammzellforscher Stefan Liebau etwa liefert einige der verwendeten iPS und entwickelt mit am Retina-on-a-Chip, Kollegen im Klinikum bringen den direkten Zugang zu klinischen Erkenntnissen mit. Und das von Schenke- →



08

Layland geleitete Naturwissenschaftliche und Medizinische Institut (NMI) an der Universität Tübingen bietet neben dem IGB einen weiteren Anwendungsbezug.

Gewebe-Chips

vermeiden Tierversuche

Die Chemie zwischen den Laboren und ihren Leitern stimmt also. Auch die Hunde verstehen sich: Durch die Tübinger Büroräume flitzt Ocean, ein Chihuahua; er hat den viermal so großen Kodiak bestens im Griff. Tierfreunde sind sie beide, Katja Schenke-Layland und Peter Loskill. Und so bietet die Arbeit an Gewebe-Chips für sie beide noch einen persönlichen Anreiz: Sie werden helfen, in Zukunft immer mehr Tierversuche zu vermeiden. Schon heute geht die Zahl der Versuchstiere in der Pharmaindustrie zurück; auch in der akademischen Forschung wird dieser Trend bald ankommen, schätzt Loskill. „Das hat unter anderem damit zu tun, dass die Wirkstoffmoleküle immer größer und komplexer werden“, erklärt er. „Darum spricht das Immunsystem auf sie an.“ Und die zwischen Mensch und Tier oft sehr unterschiedlichen Immunreaktionen sind ein Hauptgrund dafür, dass viele Tierversuche in Zukunft noch schlechter übertragbar auf den menschlichen Organismus sein werden.

„Komplett ersetzen werden Organs-on-a-Chip Tierversuche aber nie.“ Zwar können Forscher verschiedene menschliche Gewebetypen miteinander kombinieren; diese können mit Immunzellen, Medikamenten, Hormonen oder Entzündungsfaktoren konfrontiert und ihre Reaktionen beobachtet werden – kurzum, sie können einen Teil unserer Organfunktionen überraschend gut simulieren. „Doch Tiermodelle haben einen großen Vorteil: Es sind eben alle Organe vorhanden, sie wirken als ganzer Organismus zusammen.“ Eine solche Komplexität wird noch lange unerreichbar sein, auch wenn immer öfter verschiedene Modelle zu Multi-Organ-Chips kombiniert werden. Und doch: Über die kommenden Jahre werden Gewebe-Chips Millionen von Tieren ein Schicksal im Labor ersparen. _____//

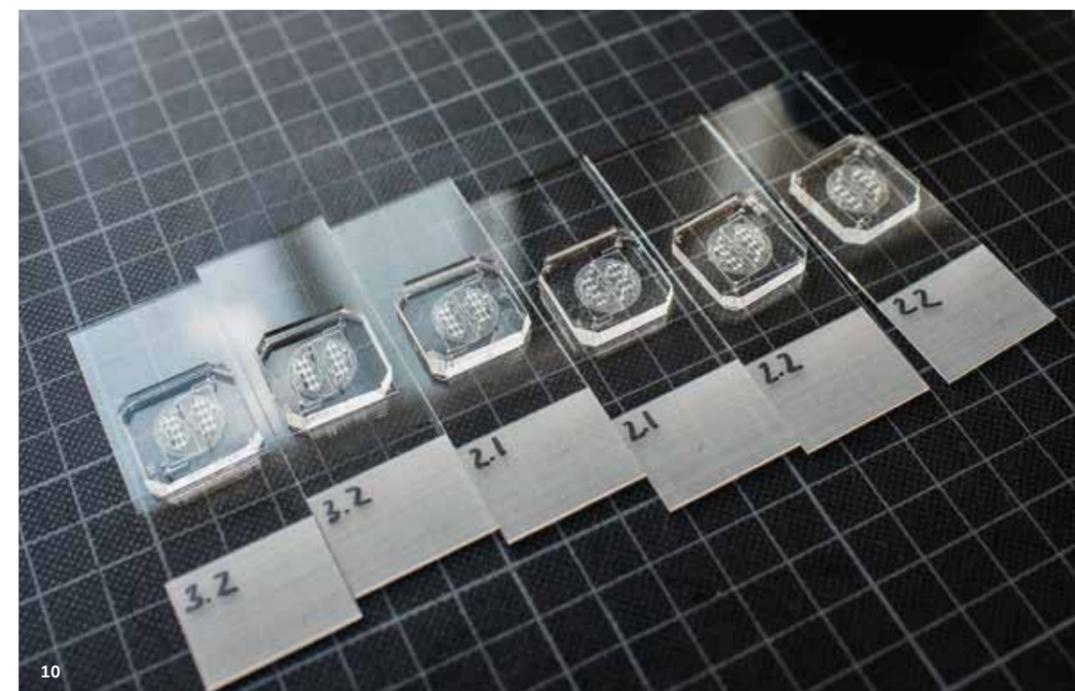


09

08 Professorin Dr. Katja Schenke-Layland
// Professor Dr. Katja Schenke-Layland

09 Organ-on-a-Chip-Systeme werden mit Lösungen beschichtet. // Organ-on-a-chip systems are coated with solutions.

10 Simuliert werden können beliebige Funktionen: Herz, Leber oder Netzhaut. // Any functions can be simulated: Heart, liver, or retina.



10

> english

// _____ As part of a bridge professorship between the University of Tübingen and the Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering and Biotechnology (IGB), Peter Loskill is designing and researching organ-on-a-chip systems: cell culture laboratories in miniature format that simulate the function of organs such as the heart or liver surprisingly realistically. It is crucial that the human cells are not in a static culture: The tissue chips are embedded in a microfluidic system, they can be dynamically supplied with nutrients, and metabolic products can be continuously removed and analyzed.

Maximum function
in the smallest space

In the laboratory at the IGB in Stuttgart, Loskill shows us one of his chips: The heart-on-a-chip is about the size of a two-euro coin and almost half a centimeter high. In the part cast from transparent silicones, hair-fine channels are visible. Some of them are equipped with heart muscle cells. Via a porous barrier, these cells are in contact with parallel channels through which a nutrient solution is pumped just like the blood supply in a living organism.

Tests on in vitro cell cultures are not new but they reach their limits in complex processes: Interactions between tissues or organs cannot be mapped, metabolic pathways or even an involvement of the immune system are not considered. And they ignore another critical factor: Movements that act on the cells during respiration, intestinal function or heartbeat and significantly influence their function. For his organs-on-a- →



11 Ein Chip-System wird über Pumpen an die Nährlösung angeschlossen.
// A chip system is connected to the nutrient solution via pumps.

Return
from the USA

Peter Loskill came back to Germany in 2016: Through the Fraunhofer-Gesellschaft's "Attract" funding program, he landed in Stuttgart, where he has since headed the "Organ-on-a-Chip" research group at the IGB. Katja Schenke-Layland is Professor of Medical Technology and Regenerative Medicine at the Research Institute for Women's Health at the University Hospital in Tübingen. She also returned to Germany eight years ago via "Attract". On behalf of the Fraunhofer-Gesellschaft, she set out in search of talented German scientists in the USA, which is how her collaboration with Loskill began. Schenke-Layland is conducting research into biomaterials, test systems for various diseases and implants such as artificial heart valves. During her doctoral research at the University of Jena she tried to develop such a valve – initially without success. She is convinced that her cooperation with Peter Loskill in this and other research areas will deliver results. "His knowledge of biophysics allows us to deliver dynamics into systems. We no longer have a static culture system, but, for example, a heart that beats and which blood flows through."

Overall, interdisciplinary research into tissue chip systems is in good hands in Tübingen: Stem cell researcher Stefan Liebau, for example, supplies some of the iPS cells used and is also working on a retina-on-a-chip; researchers at the hospital bring direct access to clinical findings. And the Natural and Medical Sciences Institute (NMI) at the University of Tübingen, headed by Schenke-Layland, offers another field of application in addition to the IGB.

chip, Loskill arranges living cells in three-dimensional structures in such a way that he can imitate realistic processes. He combines tissue types and allows cells to interact, introduces artificial, semipermeable membranes, exposes the cultures to mechanical stretching and supplies them via a simulated blood flow.

Many applications
including personalized medicine

These chip systems are mainly used to test the efficacy or tolerability of drugs, cosmetics or other substances in the human body. However, diseases can also be modelled and examined in this way. And in the future, compact chips will make a decisive contribution to personalized medicine: A patient's cells and genetic defects could be cultured on individual tissue chips – and physicians could test therapies and drugs without patient burdens.

Tissue chips
avoid animal experiments

Loskill estimates that the number of laboratory animals in the pharmaceutical industry is already declining; this trend will also soon reach academic research. "One of the reasons for this is that the size and complexity of the drug molecules is increasing", he explains. "That's why the immune system responds to them." And the often very different immune reactions between humans and animals are one of the main reasons why many animal experiments will be even more difficult to transfer to the human organism in the future.

Researchers are able to simulate part of our organ functions surprisingly well. "But animal models have a great advantage: All organs are present, they work together as a whole organism." Such complexity will remain unparalleled for a long time to come, even though different models are increasingly being combined into multi-organ chips. And yet: Over the next few years, tissue chips will save millions of animals a fate in the laboratory. _____ //

BOSCH
Technik fürs Leben

Lieber sinnvoll statt sinngemäß? Vereinen Sie mit Ihren Ideen unternehmerisches Denken und gesellschaftliche Verantwortung.

www.start-a-remarkable-career.de

Willkommen bei Bosch. Hier bewegen Sie Großes. Ob im Bereich Mobility Solutions, Industrial Technology, Consumer Goods oder Energy and Building Technology: Leistungsstarke Ideen und Lösungen kommen von Bosch. Unsere Erfolge messen wir dabei nicht nur am wirtschaftlichen Wachstum, sondern vor allem an einer verbesserten Lebensqualität der Menschen. Weil wir uns Werten verpflichtet fühlen, die auf Verantwortungsbewusstsein basieren. Das gelingt nur mit einem globalen Netzwerk von über 402.000 hoch engagierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die vordenken und täglich fachliches Neuland betreten. **Starten auch Sie etwas Großes.**

Let's be remarkable.

Die KLOCKE Gruppe ist ein bedeutender Anbieter von Dienstleistungen für die Herstellung und Verpackung von Arzneimitteln und kosmetischen Produkten. An 9 Standorten werden insgesamt ca. 2.200 Mitarbeiter beschäftigt. An unserem Standort in Appenweier stellen wir feste Arzneiformen her und verpacken diese in Beutel und Dosen.

Wir suchen für unseren Standort in Appenweier fortlaufend zum 01.05. und zum 01.11. des Jahres eine/n

Pharmazeut im Praktikum (w/m)

im Rahmen des „Praktischen Jahres“ im Bereich Qualitätskontrolle, Qualitätsmanagement oder Herstellung (w/m).

Sie haben innerhalb der KLOCKE-Gruppe Süd-West vielfältige Möglichkeiten. Entdecken Sie, wie Sie in einem spannenden Umfeld die eigenen Interessen und Fähigkeiten einsetzen können und vertiefen Sie Ihr Wissen durch aktive Mitarbeit in den unterschiedlichen Fachbereichen. Als Pharmazeut/ Pharmazeutin im Praktikum erwarten wir von Ihnen neben einer sorgfältigen, konzentrierten und engagierten Arbeitsweise auch eine gute Kommunikations- und Teamfähigkeit.

Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen senden Sie bitte unter Angabe des Eintrittstermins per E-Mail oder per Post, an die unten stehende Adresse:



KLOCKE Pharma-Service GmbH
- Personalabteilung -
Straßburger Straße 77 - 77767 Appenweier
E-Mail: personal@klocke-pharma.de



HR 8 1.1 05/2017/A-D

TEST
DEUTSCHLANDS
BESTE JOBS
MIT ZUKUNFT
1001 FRAGEN 2017
www.karlstorz.com

MONEY

Aufsteigen und durchstarten in Deine Zukunft!

Wir sind ein international führender Hersteller von hochwertigen Spezialprodukten der Medizintechnik und beschäftigen weltweit in über 40 Ländern mehr als 7.100 Mitarbeiter. 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

KARL STORZ SE & Co. KG, Dr.-Karl-Storz-Straße 34, 78532 Tuttlingen/Germany, www.karlstorz.com



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, Zutritts-/ Videoüberwachung
- Kommunikations-, Datentechnik, Automatisierungstechnik
- Blockheizkraftwerke, Klimatechnik, Wärmepumpen
- e-Check für Privat und Gewerbe
- Planung, LV-Erstellung, Bauüberwachung

Vds Vds-erkennte Einrichtung für Einbruch- und Brandmeldeanlagen gemäß DIN 14675 zeitliche Festsetzung für eine Meldeanlage

TELENOT Telefonier-Service

AUTORISIERTER STÜTZPUNKT

ELEKTRO KURNER Dienstleistungszentrum GmbH
Handwerkerpark 9
72070 Tübingen

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

Bequem ist einfach.



Wenn das Konto zu den Bedürfnissen von heute passt.

Das Sparkassen-Girokonto mit der Sparkassen-App.

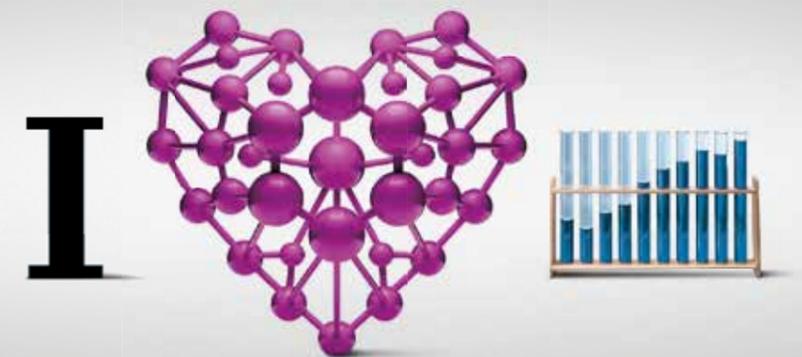


www.ksk-tuebingen.de

Kreissparkasse Tübingen

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



TTR
Technologiepark Tübingen-Reutlingen

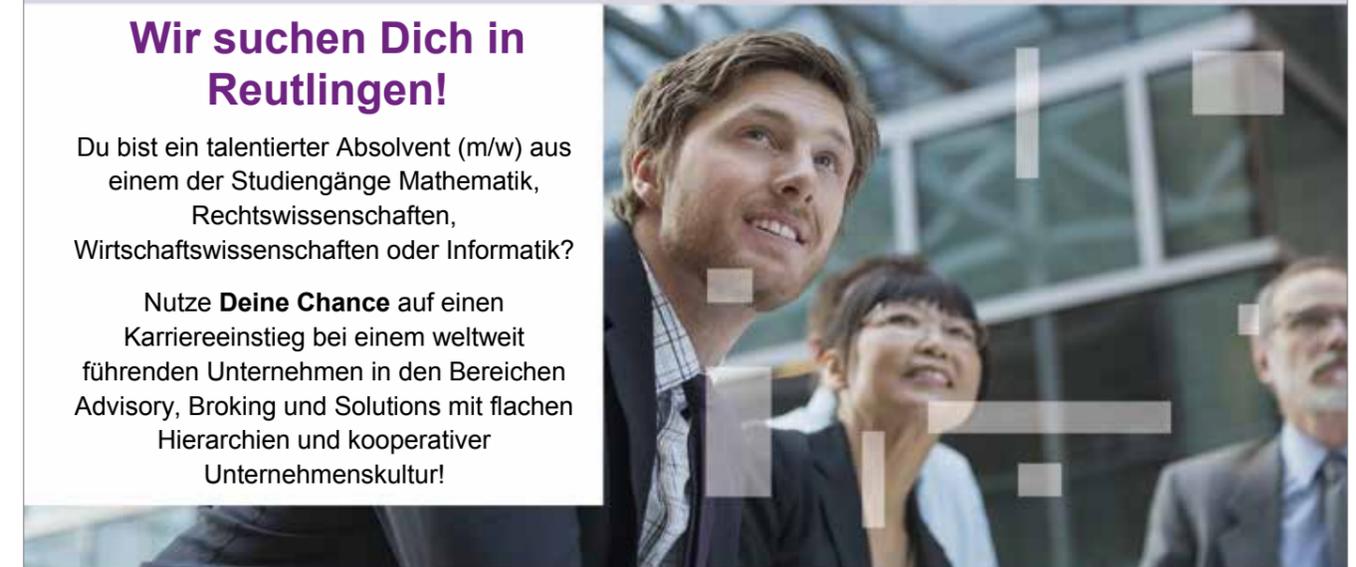
JUNG-MINT/Neckar

WillisTowersWatson

Wir suchen Dich in Reutlingen!

Du bist ein talentierter Absolvent (m/w) aus einem der Studiengänge Mathematik, Rechtswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften oder Informatik?

Nutze **Deine Chance** auf einen Karriereestieg bei einem weltweit führenden Unternehmen in den Bereichen Advisory, Broking und Solutions mit flachen Hierarchien und kooperativer Unternehmenskultur!



Erfahre mehr auf www.willistowerswatson.com oder bewirb Dich initiativ unter recruiting.ger@willistowerswatson.com.

Die Vermessung des Himmels

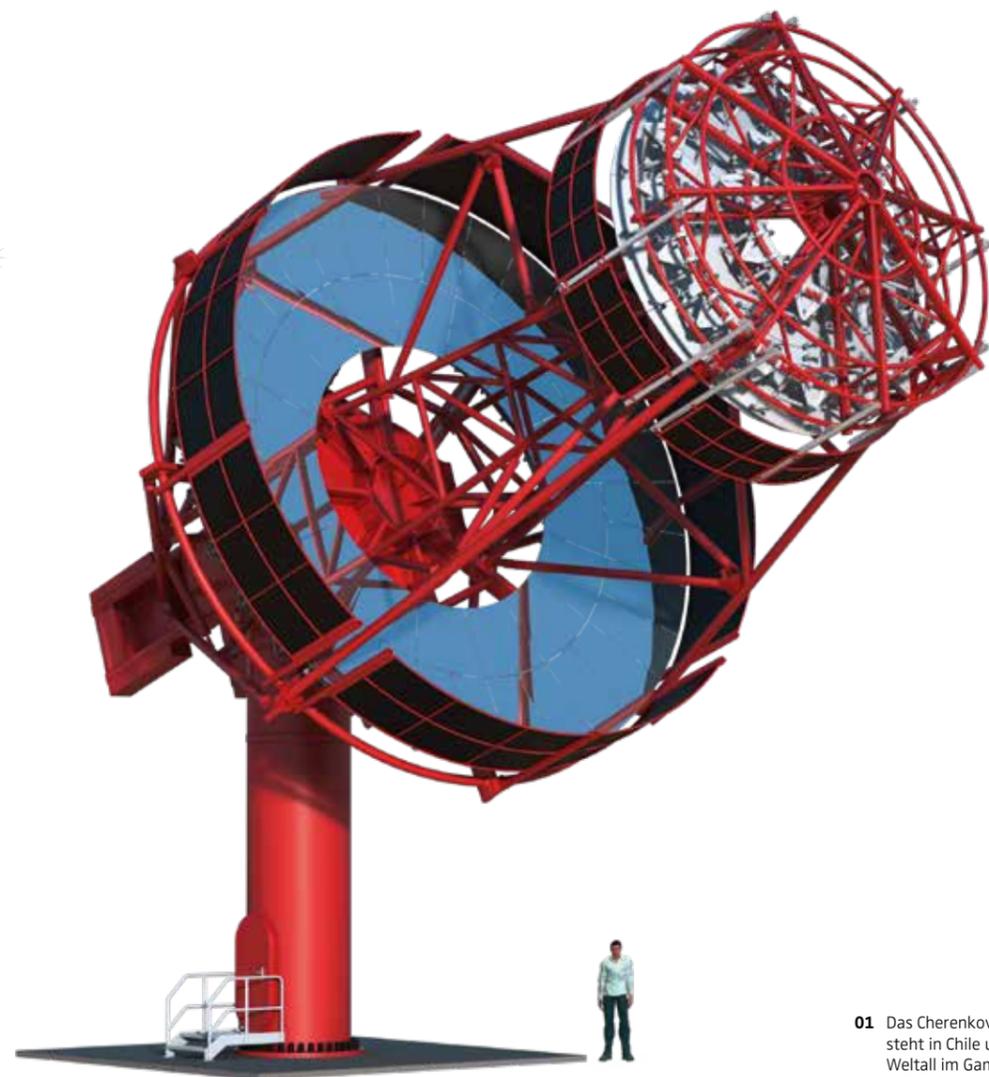
Surveying the Sky

TEXT
Judith Rauch

PHOTOS
Berthold Steinhilber

Wenn Astronomen heute ihre Teleskope gen Himmel richten, um die Geheimnisse des Universums zu entschlüsseln, tun sie das nicht alleine. Stets sind sie Teil großer, internationaler Teams und leisten hochspezialisierte Beiträge. Zwei Beispiele aus Tübingen.

// Astronomy is far from the romantic image of studying the stars in solitude – when today's astronomers look to the sky to solve the mysteries of our universe, they are part of an international team of experts who each have highly specialized tasks. In the following we look at two such projects at the University of Tübingen.



01 Das Cherenkov Telescope Array (CTA) steht in Chile und La Palma und wird das Weltall im Gamma-Bereich durchleuchten. // The Cherenkov Telescope Array (CTA) is located in Chile and La Palma and will survey gamma radiation in space.

> deutsch

// „Der Himmel steckt voller Überraschungen“, sagt Gerd Pühlhofer. Der Tübinger Astrophysiker und Experte für hochenergetische Gamma-Strahlen war dabei, als in den 1990er-Jahren die ersten zehn Himmelsquellen, die im Bereich von Tera-Elektronenvolt (TeV) strahlen, mithilfe der ersten Generation von Cherenkov-Teleskopen lokalisiert werden konnten. „Nach Jahrzehnten fehlgeschlagener Versuche war dies ein großer Erfolg“, erinnert er sich. „Es zeichnete sich dann auch schnell ab, dass das Universum deutlich durchlässiger für TeV-Gamma-Strahlung ist als ursprünglich angenommen.“ Die hochenergetische Gamma-Strahlung wird auf dem Weg zu uns von dem überall im Weltraum vorhandenen Infrarotlicht absorbiert. Doch nachdem die Boten aus immer fernerer Galaxien auf der Erde angekommen waren und die von ihnen ausgelöste Cherenkov-Strahlung (siehe „Was ist Cherenkov-Strahlung?“) von schnellen Kameras erfasst worden war, mussten die Annahmen korrigiert werden. „Man hatte die Dichte der Infrarot-Hintergrundstrahlung überschätzt.“

Theorie ist das eine, Fakten zu sammeln das andere, will Pühlhofer damit sagen. Auch bei dem Großprojekt mit dem Kürzel CTA (Cherenkov-Teleskop-Array), um das sich ein Team

aus Hard- und Softwarespezialisten zurzeit intensiv kümmert, gibt es viele vorformulierte Forschungsfragen. Rund 1.500 beteiligte Wissenschaftler aus 32 Ländern möchten herausfinden, wo und wie im Weltall hochenergetische Teilchen entstehen (die „Kosmische Strahlung“) und welche Prozesse sie auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigen. Sie wollen „extreme Objekte“ wie Schwarze Löcher und Neutronensterne studieren und herausfinden, wie sie mit ihrer Umgebung wechselwirken. Einige erwarten sogar Hinweise auf bisher nur theoretisch postulierte Elementarteilchen: Bausteine der sogenannten „Dunklen Materie“ und andere hypothetische Teilchen wie die ultraleichten „Axionen“.

Aber darauf wetten, dass all diese Forschungsfragen wirklich zufriedenstellend beantwortet werden, würde Pühlhofer nicht. Stattdessen könne es sehr gut sein, dass man zufällig etwas anderes messe: etwas, womit niemand gerechnet hat. Insofern sei es immer lohnend, den Himmel auf Strahlung unterschiedlichster Spektraleigenschaften abzusuchen. „Nicht nur einzelne interessante Objekte wie Galaxien oder bereits bekannte Reste von zerborstenen Sternen, sogenannte Supernovaüberreste. Sondern den ganzen Himmel.“

„
Jüngere Beobachtungen implizieren, dass eine Energie die Expansion des Universums beschleunigt.

Recent observations imply that there is an energy that accelerates the expansion of the universe.

eROSITA blickt
 in die Vergangenheit

Dieser Ansicht ist auch Pühlhofers Kollege Christoph Tenzer. Er hat im Rahmen einer anderen Kollaboration in den letzten zwölf Jahren an einem neuen Teleskop mitgearbeitet, das nun fertiggestellt ist. Weil es auf Röntgenstrahlung spezialisiert ist, wird es nicht auf der Erde stehen können, sondern auf einen russischen Weltraum-Satelliten montiert. Im März 2019 soll es von einer Rakete vom Weltraumbahnhof Baikonur in Kasachstan aus zu seinem Beobachtungsposten im All getragen werden, etwa 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. „Leider ist die Erdatmosphäre undurchdringlich für hochenergetische UV- und Röntgenstrahlung aus dem Weltall“, scherzt Tenzer. „Daher müssen wir alle unsere Instrumente auf Ballons, Raketen oder Satelliten außerhalb der Atmosphäre stationieren. Andererseits ist so die Strahlenbelastung auf der Erdoberfläche deutlich geringer, was ja auch sein Gutes hat.“

Für Astronomen sind die Röntgenstrahlen von Himmelsobjekten allerdings sehr nützlich, da sie auch Auskunft über die Struktur des Universums geben. So hat der Röntgensatellit ROSAT in den Jahren 1990 bis 1999 bereits einmal den ganzen Himmel durchmustert. Dabei wurden zahlreiche neue Röntgenquellen entdeckt, darunter viele Neutronensterne und Schwarze Löcher. Es entstanden 7.000 wissenschaftliche Publikationen und viele Himmelskarten, die auch Eingang in populäre Veröffentlichungen fanden. Von dem wesentlich empfindlicheren neuen Röntgen-Teleskop eROSITA versprechen sich die beteiligten Wissenschaftler, dass es um die 100.000 bisher noch unbekannte Galaxienhaufen aufspüren wird. Aus deren Verteilung im Weltraum lassen sich womöglich weitreichende Schlüsse über die Entstehung der großräumigen Strukturen im Universum ziehen.

„Jüngere Beobachtungen implizieren, dass eine Energie die Expansion des Universums beschleunigt“, erklärt Tenzer. „Weil wir nicht viel über sie wissen, wird sie Dunkle Energie genannt.“ Ihre Eigenschaften seien bereits bekannt, „aber jetzt wollen wir nach ihren Ursachen suchen“. Mit einem im All platzierten Röntgenteleskop wie eROSITA könne man weit in die Vergangenheit schauen – man sieht Röntgenlicht, das vor Milliarden von Jahren erzeugt wurde. Was die Astrophysiker interessiert, ist nun: Wie war die Materie früher verteilt? Nach welchen Gesetzen expandiert das Universum? →

Was ist Cherenkov-Strahlung? What is Cherenkov radiation?

Sogenanntes Cherenkov-Licht (nach Physiker Pawel Alexejewitsch Tscherenkow benannt) entsteht, wenn schnelle, geladene Teilchen wie Elektronen oder Myonen durch ein Medium wie Wasser oder Luft fliegen. Sind sie schneller unterwegs als Licht, entsteht ein Effekt ähnlich dem Überschallknall, bei dem ein Flugzeug seinen eigenen Schall überholt: ein Lichtblitz im blauen Bereich. Auch im Weltraum entstehen Ströme schneller, geladener Teilchen, beispielsweise wenn Materie zu nahe an Schwarze Löcher im Zentrum aktiver Galaxien kommt. Schnelle Elektronen, Atomkerne, aber auch hochenergetische Photonen (Lichtteilchen) aus dem Gamma-Spektrum fliegen von den Schwarzen Löchern weg durch den Weltraum. Beim Durchgang durch die Erdatmosphäre werden die Gamma-Photonen zwar ausgelöscht, aber sie lösen bei ausreichend hoher Energie Luftschauer aus, die sich durch Cherenkov-Blitze verraten. Diese lassen sich mit extrem empfindlichen Kameras registrieren – so gut, dass man die Quelle der Gammastrahlung, also z. B. die Galaxien-Kerne, lokalisieren kann. // Cherenkov radiation (named after physicist Pavel Alexeyevich Cherenkov) is produced when very fast, charged particles such as electrons or muons fly through a medium such as water or air. When they travel there faster than ordinary light, an effect occurs similar to the supersonic boom in which an aircraft overtakes its own sound: a flash of light in the blue range. Currents of fast, charged particles also occur in space, for example when matter comes too close to black holes in the center of active galaxies. Fast electrons, atomic nuclei, but also high-energy photons (particles of light) from the gamma-ray spectrum are emitted from the black holes into space. As they pass through the Earth's atmosphere, the gamma photons are absorbed, but at sufficiently high energies they cause air showers, which are revealed by Cherenkov flashes. These can be registered with extremely sensitive cameras – so well that the source of gamma radiation, for example the galactic nuclei, can be located.

CTA – Cherenkov Telescope Array

Aufbau Structure

Rund 120 Teleskope verschiedener Größe, die Gammastrahlung aus dem All beobachten. // Around 120 telescopes of various sizes, observing gamma radiation from space.

Standorte Locations

Chile, La Palma

Start

Inbetriebnahme beginnend ab 2019. // Commissioning to start in 2019.

Vorgängerprojekte Previous projects

H.E.S.S., VERITAS, MAGIC.

Organisation und Finanzierung Organization and financing

Konsortium mit 1.500 Mitgliedern aus 32 Ländern, Förderung durch EU-Programm Horizon 2020 und Beiträge einzelner Länder. Der deutsche Beitrag kommt von der Max-Planck-Gesellschaft, dem BMBF, dem DESY und der Helmholtz-Gesellschaft. Die deutschen Universitäten sind Partner bei verschiedenen CTA-Subprojekten, bei denen in der Regel deutsche Großforschungsinstitute die Federführung haben.

// Consortium with 1,500 members from 32 countries, funded by the EU Horizon 2020 program and contributions from individual countries. The German contribution comes from the Max Planck Society, the BMBF, DESY and the Helmholtz Association. German universities are partners in various CTA subprojects that are usually coordinated by German large-scale research institutes.

cta-observatory.org



02

Tübinger Teststände für Teleskop-Komponenten

Antworten auf solch große Fragen zu finden, erfordert immer größere Forschungsprojekte. Meist arbeiten Hunderte von Wissenschaftlern weltweit zusammen, große Forschungs-Organisationen wie die Max-Planck-Gesellschaft oder Konsortien von Staaten tragen die Kosten. „Wir Tübinger leisten oft nur einen kleinen Beitrag“, sagt Pühlhofer bescheiden. Weil die Forschung an Projekten wie CTA und eROSITA sich aber in der Regel hinzieht – von der Idee eines neuen Teleskops bis zur Auswertung der gesammelten Daten können Jahrzehnte vergehen –, bemühen sich die Tübinger, stets „mehrere Eisen im Feuer“ zu haben, wie Tenzer sagt. Reihen von Ordnern im Regal zeugen davon. Es sind auch gescheiterte Projekte darunter, bei denen die Finanzierung nicht zustande kam oder ein Satellit nicht wie geplant funktionierte. Die Tübinger lassen sich davon nicht abschrecken, sondern bewerben sich immer wieder neu.

Der „kleine Beitrag“, den das Tübinger Team zu CTA leistet, besteht unter anderem im Testen großer Spiegel. Ihr Durchmesser beträgt 1,20 Meter, und ob sie auch wirklich spiegelglatt gefertigt sind, wird im Keller des Astronomischen Instituts auf dem Sand mit einem über 50 Meter langen Teststand gemessen. Etwa 7.000 solcher Spiegel (manche bis zu zwei Meter groß) werden benötigt, um 120 einzelne Teleskope zu bestücken, die bis zu 45 Meter hoch und bis zu 100 Tonnen schwer sein werden. Damit die Astronomen den nördlichen und den südlichen Himmel gleichzeitig in den Blick nehmen können, wird ein Teil der Teleskope in der Atacama-Wüste in Chile aufgebaut, ein anderer auf der spanischen/kanarischen Insel La Palma. Spätestens 2019 soll mit dem Aufbau begonnen werden.

Die Spiegel fokussieren die schwachen, nur für wenige Nanosekunden glimmenden Cherenkov-Blitze auf hochempfindliche Kameras. An der Entwicklung einer solchen Kamera, der „FlashCam“, haben die Tübinger mitgearbeitet. Jede dieser Kameras besteht aus fast 2.000 hochempfindlichen Pixeln, die jeweils einen Bildpunkt erzeugen. Momentan werden Testverfahren für die Serienfertigung der nachgeschalteten Elektronik entwickelt und Daten von einem FlashCam-Prototypen analysiert. IT-Spezialisten des CTA widmen sich derweil der Auswertung der zu erwartenden Datenmengen des gesamten CTA-Projekts: 100 Petabyte (das sind 100 Millionen Gigabyte) werden bis zum Jahr 2030 erwartet.

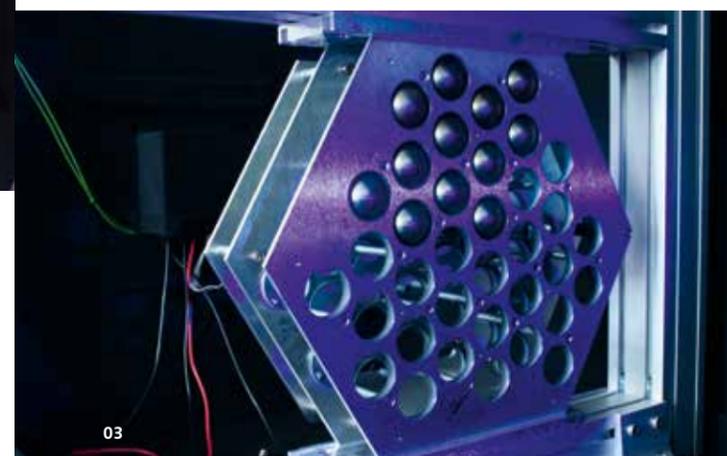
Mission ohne Wiederkehr

In superleichten, aber sehr stabilen Aluminiumgehäusen, gefertigt von der feinmechanischen Werkstatt des Instituts, sowie Elektronik zum Betrieb der Kamera besteht der Tübinger Beitrag zum Röntgenteleskop eROSITA: Dessen Daten müssen schließlich 1,5 Millionen Kilometer weit durch den Weltraum übermittelt werden. Alles muss sehr robust gebaut sein, denn anders als auf der Erde kann man nicht einfach mitten im Betrieb ein Stück Hardware austauschen. „Allein der Flugweg beträgt etwa 100 Tage“, gibt Christoph Tenzer zu bedenken. Mindestens vier Jahre lang werden eROSITA sowie ein weiteres, russisches Teleskop, das auf dem gleichen Satelliten betrieben wird, den Himmel durchmusteren. Eine Mission ohne Wiederkehr: „Die Hardware bleibt oben.“

“
Der Himmel steckt voller
Überraschungen.

The sky is full of surprises.

“



03

CTA und eROSITA sind teure Forschungsprojekte. Jedes von ihnen verschlingt mehrere Hundert Millionen Euro. Ist das gerechtfertigt, um theoretischen Geisterteilchen wie Axionen nachzujagen? Um esoterisch klingende Phänomene wie „Dunkle Materie“ oder „Dunkle Energie“ nachzuweisen? Selbst manche Insider wie die Frankfurter Physikerin und Buchautorin Sabine Hossenfelder haben ihre Zweifel an den immer aufwendiger werdenden Missionen.

Christoph Tenzer und Gerd Pühlhofer, die beide zur Abteilung Hochenergie-Astrophysik gehören, die von Professor Andrea Santangelo geleitet wird, wissen um die Kritik an den Theoretikern ihres Fachs. Sie selbst sind jedoch eher Praktiker und vertrauen auf Fakten. Sie setzen auf die Verlässlichkeit der von ihnen entwickelten und getesteten Kameras, auf gute Software und die schiere Fülle der zu erwartenden Daten. „Wir werten heute noch Daten von Missionen der letzten 40 Jahre aus“, sagt Tenzer. Manchmal kommen die Überraschungen, die der Himmel bereithält, eben erst ein wenig später ans Licht. _____//

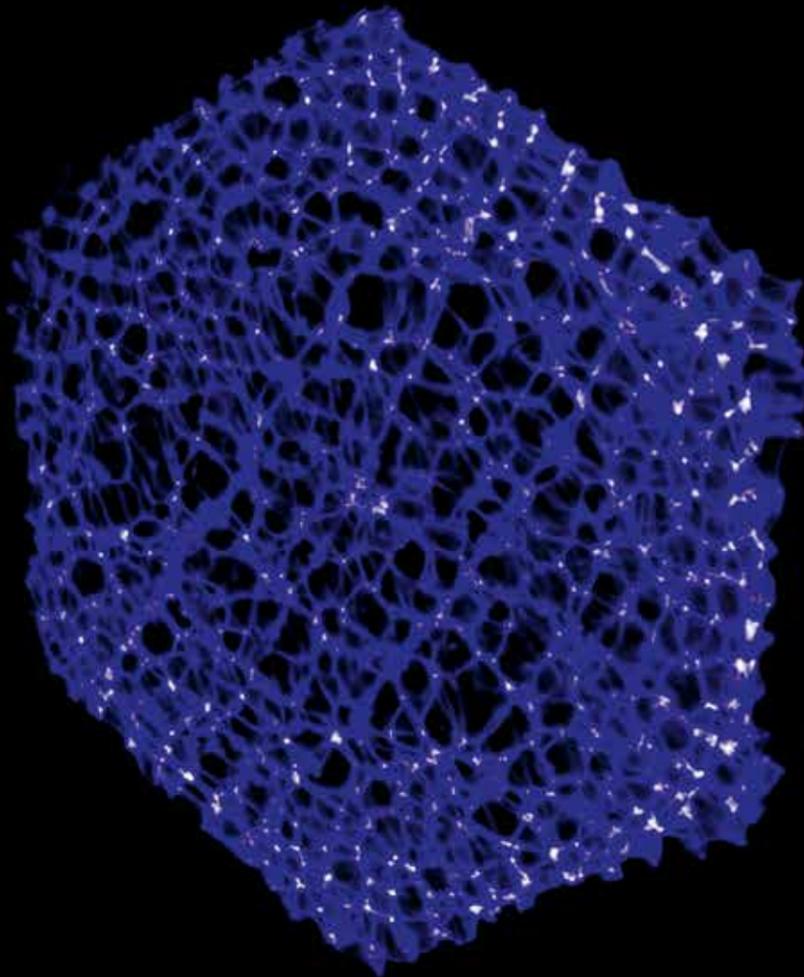


04

> english

//_____ “The sky is full of surprises”, says Gerd Pühlhofer. The Tübingen-based astrophysicist and expert in high-energy gamma rays was involved when the first ten cosmic sources radiating in the tera-electron volt (TeV) range were localized using the first generation of Cherenkov telescopes in the 1990s. “After decades of failed attempts, this was a great success”, he recalls. “Moreover, it soon became apparent that the universe was much more transparent to TeV gamma radiation than originally assumed.” The high-energy gamma radiation on its way to us is absorbed by the infrared light present everywhere in space. But after the messengers arrived on Earth from ever more distant galaxies and the Cherenkov radiation (see “What is Cherenkov radiation?”) emitted by them had been captured by high-speed cameras, these assumptions had to be corrected. “Scientists had overestimated the density of the infrared background radiation.”

What Pühlhofer wants to say is that theory is one thing and collecting facts is another. Many theories are waiting to be tested in the major project Cherenkov Telescope Array (CTA) which a team of hardware and software specialists is currently working on intensively. Around 1,500 scientists from 32 countries want to find out where and how high-energy particles are generated in space (the “cosmic radiation”) and which processes accelerate them to almost the speed of light. They are interested in “extreme objects” such as black holes and neutron stars and discovering how they interact with their environment. Some scien- →



05

tists expect to find evidence of elementary particles that have so far only been postulated in theory including dark matter and other hypothetical particles such as ultralight axions.

Pühlhofer does not believe that all those research questions will really be answered satisfactorily. Instead, it is likely that scientists will measure something else that nobody expected. In this respect, it is always worthwhile to scan the sky for radiation across the full electromagnetic spectrum: “Not just single interesting objects like galaxies or supernova remnants but the whole sky.”

eROSITA looks into the past

Pühlhofer's colleague Christoph Tenzer shares this view. He has been member of another collaboration, working on a new telescope over the last twelve years, which is now completed. As it is designed to detect X-rays, the telescope cannot be operated from Earth – it will be mounted on a Russian satellite instead. In March 2019, a rocket from Baikonur spaceport in Kazakhstan is scheduled to carry the telescope to its observation post in space, about 1.5 million kilometers from Earth.

X-rays from celestial objects are very interesting for astronomers, as they also provide information about the structure of the universe. Between 1990 and 1999, the X-ray satellite ROSAT completed a survey of the entire sky. Numerous new X-ray

sources were discovered, including many neutron stars and black holes. The research led to about 7,000 scientific publications and many celestial maps, which also found their way into popular publications. The participating scientists expect the much more sensitive new X-ray telescope eROSITA to detect around 100,000 previously unknown clusters of galaxies. From their distribution in space, it is possible to draw far-reaching conclusions about the development of large-scale structures in the universe.

“Recent observations imply that there is an energy that accelerates the expansion of the universe”, Tenzer explains. “Because not much is known about this energy, it has been named Dark Energy.” With an X-ray telescope like eROSITA in space, scientists can look far into the past as they can see X-ray light that was generated billions of years ago. Astrophysicists now want to find out: How was matter distributed in the past? What laws govern the expansion of the universe?

Tübingen test stand for CTA telescope components

Finding the answers to such complex questions requires even larger research projects. Often hundreds of scientists from around the world work together on each major project. Funding is usually provided by large research organizations such as the Max Planck Society or international consortia. As research on projects such as CTA and eROSITA usually takes decades – from

eROSITA – extended Roentgen Survey with an Imaging Telescope Array

Aufbau Structure

Röntgen-Teleskop mit sieben parallel ausgerichteten Spiegelmodulen. // X-ray telescope with seven parallel aligned mirror modules.

Standort Location

Russischer Satellit Spektr-RG am Lagrange-Punkt L2, 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. // Russian satellite Spektr-RG at Lagrange point L2 – 1.5 million kilometers from Earth.

Start

Teleskop seit Januar 2017 fertig, Start des Satelliten im März 2019 geplant. // Telescope completed in January 2017, launch of the satellite planned for March 2019.

Vorgängerprojekt Previous project

ROSAT

Organisation und Finanzierung Organization and financing

eROSITA wird vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Max-Planck-Gesellschaft mit Mitteln des BMWi finanziert. Das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching (MPE) ist federführend bei der Durchführung des Projekts, in enger Kooperation mit den Universitäten Tübingen, Erlangen-Nürnberg, Hamburg, dem Leibniz-Institut für Astrophysik in Potsdam und dem IKI in Moskau. // eROSITA is financed by the German Aerospace Center (DLR) and the Max Planck Society with federal funds. The Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics in Garching (MPE) is leading the project in close cooperation with the Universities of Tübingen, Erlangen-Nuremberg, Hamburg, the Leibniz Institute for Astrophysics in Potsdam and the Institute for Space Research in Moscow.



06



07

05 Das vom sechseckigen Spiegel reflektierte Licht ist auf einem Schirm zu sehen, wo es fotografiert und analysiert wird. // The light reflected by the hexagonal mirror can be seen on a screen where it is photographed and analyzed.

06 Professor Dr. Andrea Santangelo
07 Dr. Gerd Pühlhofer

highly sensitive pixels, each of which generates one image point. At present, scientists are developing test procedures for the batch production of the downstream electronics and analyzing data from a FlashCam prototype. Meanwhile, IT specialists from the CTA project are working on ways to analyze the immense volumes of data for the overall project: 100 petabytes (100 million gigabytes) of data are expected by 2030.

One-way ticket

The Tübingen contribution to the eROSITA X-ray telescope consists of super-light but very stable aluminium housings, manufactured by the Institute's precision engineering workshop, as well as electronics for operating the camera: After all, the data must be transmitted 1.5 million kilometers through space. Everything has to be very robust, because unlike on earth, you can't just replace a piece of hardware. eROSITA and another Russian telescope operated on the same satellite will survey the sky for at least four years. This is a one-way mission: The hardware will stay in space.

CTA and eROSITA are expensive research projects. Christoph Tenzer and Gerd Pühlhofer, both from the High Energy Astrophysics department headed by Professor Andrea Santangelo, are aware of the responsibility that comes along with that. They are however confident in the reliability of the cameras they have developed and tested, on good software and the sheer abundance of data to be expected. _____//

the idea of a new telescope to the evaluation of the collected data – scientists at Tübingen always work on several projects at the same time, as Tenzer says.

The “small contribution” that the Tübingen team makes to CTA includes testing large mirrors. As each mirror has a diameter of 1.20 meters, they are inspected for absolute smoothness in the basement of the Institute of Astronomy and Astrophysics on a test stand which spans over 50 meters. Approximately 7,000 mirrors are needed to equip 120 individual telescopes, which will be up to 45 meters high and weigh up to 100 tons. To enable astronomers to see the northern and southern skies simultaneously, one part of the telescopes will be set up in the Atacama Desert in Chile, the other one on the Canary Island of La Palma. Construction is to begin by 2019.

The mirrors focus the weak Cherenkov flashes, which glow for only a few nanoseconds, on highly sensitive cameras. The team from Tübingen was involved in the development of such a camera, the “FlashCam”. These cameras consist of almost 2,000

Was das Eis erzählt

Secrets of the Ice

TEXT
Gunther Willinger

Von der Analyse einzelner Eiskristalle bis zum Fluss gigantischer Eismassen: Mit Bohrungen in bis zu 2.600 Metern Tiefe entlocken Forscher dem Eisschild Grönlands seine Geschichte. Ihre Erkenntnisse lassen genauere Vorhersagen über den Anstieg des Meeresspiegels zu.

// From the analysis of individual ice crystals to the flow of gigantic ice masses: Researchers are drilling down to depths of up to 2,600 meters to elicit Greenland's history from the ice sheet. Their findings allow more accurate predictions on sea-level rise.

East Greenland Ice-Core Project (EastGRIP)

Ziel Objective

Der Eisplatte „Northeast Greenland Ice Stream (NEGIS)“ auf Grönland wird ein Bohrkern in bis zu 2.600 Metern Tiefe entnommen – dieser soll Aufschluss über Struktur und Eisfluss geben und wie diese Eismassen zum Anstieg des Meeresspiegels beitragen. // Extracting an ice core from the “Northeast Greenland Ice Stream (NEGIS)” on Greenland by drilling at depths of up to 2,600 meters to provide information about structure and ice flow and how ice masses contribute to the rise in sea level.

Partner Partners

Forschungsteams aus 12 Ländern unter Federführung von Professorin Dorthe Dahl-Jensen vom dänischen „Centre for Ice and Climate“. // Research teams from 12 countries led by Professor Dorthe Dahl-Jensen from the Danish “Centre for Ice and Climate”.

Budget

Rund neun Millionen Euro jährlich von 2016 bis 2020. // Around nine million euros annually from 2016 to 2020.

Team

Zu dem 17-köpfigen deutschen Team im Camp 2018 gehörten die Tübinger Ilka Weikusat (Universität Tübingen und Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, AWI, Bremerhaven), Daniela Jansen, Jan Eichler, Sonja Wahl, Nico Stoll, Julien Westhoff.

// The 17 members of the German team at Camp 2018 included the Tübingen scientists Ilka Weikusat (University of Tübingen and Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) Bremerhaven), Daniela Jansen, Jan Eichler, Sonja Wahl, Nico Stoll and Julien Westhoff.

Tübinger Kooperationspartner

Interdisciplinary collaboration

Geowissenschaftler Professor Paul Bons, Till Sachau und Tamara de Riese modellieren aus den Daten komplexe Computermodelle der Eisschichten.

// Tübingen Geoscientists Professor Paul Bons, Till Sachau and Tamara de Riese use the data for complex computer models that simulate the behaviour of the ice layers.

Infos / Webcam

eastgrip.org/
alice.egrip.camp/

Blog des AWI

blogs.helmholtz.de/eisblog/category/groenland/eastgrip/



01



02

> deutsch

// „Den härtesten Job im Camp hat der Koch. Schmeckt das Essen nach einem zwölfstündigen Arbeitstag im Eis nicht, ist die Stimmung schnell im Keller“, berichtet Ilka Weikusat vom Alltag im Arktiscamp. Das Camp des „Greenland Ice-Core Project“ (EastGRIP) liegt im Nordosten Grönlands, etwa 400 Kilometer von der Ostküste entfernt. Bis zum internationalen Flughafen in Kangerlussuaq sind es 1.200 Kilometer.

Rote Tunnelzelte, gruppiert um die schwarze Kuppel des Hauptgebäudes, verlieren sich im arktischen Weiß. Zwischen zehn und vierzig Frauen und Männer arbeiten hier von April bis August als Forscher, Mechaniker, Schreiner, Köche und Ärzte. Sie teilen sich eine Dusche, schlafen in Stockbetten, müssen für die Wasserversorgung Schnee schmelzen und in der Küche helfen. Die Energie kommt von Solarpaneelen und einem Diesel-Generator. Alle paar Wochen landet eine dickbäuchige Propellermaschine auf dem Eis, bringt Nachschub und ermöglicht Schichtwechsel.

Ilka Weikusat, Junior-Professorin für Glaziologie an der Universität Tübingen und Nachwuchsgruppenleiterin am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven, hat dieses Jahr vier Wochen hier verbracht. Außer Eis, Schnee und Himmel gibt es da nicht viel zu sehen. Die Temperaturen liegen zwischen minus 40 °C und dem Gefrierpunkt. Wieso verschlägt es ein Forschungsteam an diesen unwirtlichen, einsamen Ort?



03



04

„Das Eis kann Geschichten erzählen“, sagt Weikusat. Aus Zeiten, als noch Neandertaler durch Mitteleuropa streiften und Jäger und Sammler in Höhlen lebten. Glaziologen, wie sich die Eisforscher nennen, entschlüsseln die Zeichen im Eis wie Altertumsforscher die Hieroglyphen der alten Ägypter. Und dafür müssen sie tief bohren. Grönlands Eispanzer ist an seiner mächtigsten Stelle über 3.000 Meter dick.

Das Eis ganz unten ist mancherorts über 120.000 Jahre alt. Damals, zum Ende der Eem-Warmzeit, legte sich Schnee wie eine Decke über die Insel. Während der nächsten 100.000 Jahre der letzten Kaltzeit, als Mammuts, Wollnashörner und Höhlenlöwen Mitteleuropa bevölkerten, lagerten sich immer neue Schichten darüber, und mit jeder weiteren stieg der Druck auf die Eiskristalle. Sie sackten zusammen und veränderten Form und Ausrichtung. Luftblasen wurden im Eis eingeschlossen und manchmal auch Asche von Vulkanausbrüchen. In den Blasen findet sich antike Atmosphäre, die Rückschlüsse auf das damalige Klima erlaubt.

→

01 Der Polarflieger bringt neue Vorräte.
// The Polar Aircraft brings new supplies.

02 Außer Eis, Schnee und Himmel gibt es nicht viel zu sehen. // There is not much to see but ice, snow and sky.

03 Geräumige Tunnel im Eis dienen als Eislabor und Bohrgrube.
// Spacious tunnels in the ice serve as an ice laboratory and drilling pit.

04 Dr. Ilka Weikusat
Photos: AWI/EastGRIP

Schicht um Schicht in die Tiefe

Im ersten Campsommer 2016 wurden mit Fräsen, Kettensägen und Pistenraupen geräumige Tunnel, sog. Trenches, ins Eis gegraben, die nun als Eislabor und Bohrgrube dienen. Während die Oberflächentemperatur schwankt, herrschen hier relativ konstante -20 bis -15 °C. Das ist wichtig, wenn der Eisbohrer seine kostbare Fracht aus der Tiefe holt, damit der Bohrkern unter konstanten Bedingungen geborgen werden kann.

Der Bohrer besteht aus ineinander verschachtelten Stahlrohren mit einem Bohrkopf und wird über ein kilometerlanges Kabel gesteuert. Je nach Beschaffenheit des Eises schafft das Team bis zu zwanzig Meter pro Tag. „Gerade in Bereichen mit stark zusammengedrückten Luft einschüssen ist es wichtig, behutsam vorzugehen“, sagt Weikusat. Fräsen sich die Stahlmesser durch dieses spröde Eis, können schnell Brüche im Bohrkern entstehen. Dann droht eine Verunreinigung der wertvollen Atmosphäre und anderer Spurenstoffe, die in Luftblasen über Jahrtausende konserviert waren.

Im ersten Jahr der tiefen Eisbohrung war man bis in 400 Meter Tiefe vorgedrungen, zu 3.000 bis 4.000 Jahre altem Eis. Ende Juni 2018 erreichten die Bohrteams bei einer Tiefe von 1.300 Metern die Anfänge des Holozäns, unserer gegenwärtigen Warmzeit, die vor rund 12.000 Jahren begann. Ziel ist es, den an dieser Stelle 2.600 Meter dicken Eisschild ganz zu durchbohren.

Hat die Bohrmannschaft die bis zu vier Meter langen und zehn Zentimeter dicken Bohrkern nach oben bugsiert, übernimmt das Verarbeitungsteam. Die Eissäule wird in handliche 55-Zentimeter-Stücke zersägt, die elektrischen Eigenschaften gemessen und das Eis mit der Dunkelfeldmethode fotografiert, um die Jahresschichten sichtbar zu machen. Das Team fertigt hauchdünne Schnitte an, in denen polarisiertes Licht die Ausrichtung der einzelnen Eiskristalle sichtbar macht. Schließlich werden die Kernabschnitte sauberlich beschriftet und für den Heimweg verpackt. Zu Hause werden sie weiter zersägt und weltweit Untersuchungen unterzogen – so entsteht ein Datenstrom aus dem Polareis.



05

Gigantischer Eispudding

Aber es geht nicht nur um die Rekonstruktion klimatischer Bedingungen, sondern auch darum, das Eis besser zu verstehen: innere Struktur, das Verhalten bei Druck von oben oder von der Seite und die Bewegung des gesamten Eispanzers in Richtung Meer. „Wir wollen herausfinden, warum sich das Eis hier so schnell in Richtung Küste bewegt“, erläutert Weikusat. Das Bohrcamp befindet sich auf einem riesigen Eisstrom, dem „Northeast Greenland Ice Stream“ (NEGIS), auf Milliarden Tonnen Eis, die auf dem felsigen Kontinentalsockel 60 Meter pro Jahr in Richtung Meer rutschen, angetrieben vom eigenen Gewicht – wie ein riesiger, kalter Pudding, der über einen warmen Teller gleitet.

„Über die Felsenbasis, also den Teller, wissen wir nicht viel. Aber wir können den Pudding untersuchen“, erläutert die Glaziologin. „Wir wollen wissen, wie er beschaffen ist, um zu verstehen, wie er sich über den Tellerrand ins Meer schiebt.“ Im Gegensatz zu Pudding ist Eis kristallin und der Eisfluss wird durch die Mikrostruktur der Kristalle beeinflusst. In verschiedenen Schichten variieren diese stark in Ausrichtung, Größe und Form, und es gilt herauszufinden, woran das liegt. Neue Erkenntnisse über Struktur, Verformung und Bewegung der Eisschichten fließen dann in Modelle ein, mit denen sich zum Beispiel der Anstieg des Meeresspiegels genauer vorhersagen lässt.

Während Weikusat den Details im Eis nachspürt, begibt sich ihre Kollegin Daniela Jansen, ebenfalls Tübinger Lehrbeauftragte und Glaziologin am AWI in Bremerhaven, über Grönland in die Luft. Sie nutzt ein Flugradar, dessen Radarwellen das Eis großflächig durchdringen und je nach Echo Rückschlüsse auf Eisschichten erlauben. In Kombination mit Fließgeschwindigkeiten aus Satellitendaten lässt sich so eine 3D-Rekonstruktion der Eismassen erstellen.

Die neuen Erkenntnisse zu Eisstruktur, Fließgeschwindigkeit und Auffaltung werden zusammen mit dem Tübinger Professor für Strukturgeologie Paul Bons ausgewertet. Bons' Arbeitsgruppe in Tübingen gilt als weltweit führend bei der Modellie-



06

rung geologischer, durch Fließbewegungen verursachter Strukturen. Mit komplexen Computermodellen berechnet sie die Bewegungen von Gesteinsschichten, Magma- oder eben Eisströmen. Erste Ergebnisse legen nahe, dass der „Eispudding“ weicher ist als gedacht, was aber noch nicht bedeutet, dass er auch schneller abschmilzt.

Wie wird man Glaziologin?

„Die wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Bremerhaven und Tübingen ist für mich eine Win-win-Situation“, sagt Weikusat. Bevor sie Eisforscherin wurde, studierte sie Geologie in Mainz. Seit Mai 2013 ist sie Juniorprofessorin für Glaziologie in Tübingen. Zusammen mit Daniela Jansen und Kolleginnen und Kollegen am AWI baute sie hier einen Blockkurs für Glaziologie auf. Studierende befassen sich in Vorlesungen und Übungen mit Eis als Material, mit Eiskernen sowie mit Gletschern und ihrer Entwicklung auf der Erdoberfläche.

Die Glaziologie ist international wie auch interdisziplinär: Geologen, Geografen, Ozeanografen, Meteorologen, Hydrologen und Biologen aus aller Welt erforschen das Eis. Auch im EastGRIP-Camp arbeiten Menschen aus mehr als zwölf Ländern eng zusammen. Nach langen Tagen im Labor bringen sie manchmal mit Eisfußball oder Wanderungen auf Langlaufskiern Abwechslung in den Alltag. Besonders aber schätzt Weikusat die fruchtbaren Diskussionen, die sich im Camp ergeben: „Es ist eine Ausnahmesituation im Eis, und die kann sehr inspirierend wirken“, sagt sie. Und freut sich schon auf den nächsten Polarsommer. _____//



07



08

> english

// _____ “The cook has the toughest job in camp. If the food doesn't taste good after a twelve-hour shift in the ice, the mood quickly dampens”, reports Ilka Weikusat on living at the Arctic camp. The Greenland Ice Core Project (EastGRIP) camp is located in northeast Greenland, about 400 kilometers from the east coast. The international airport in Kangerlussuaq is 1,200 kilometers away. Between ten and forty men and women work here as researchers, mechanics, carpenters, cooks and doctors from April to August.

Ilka Weikusat, Junior Professor for Glaciology at the University of Tübingen and young investigators group leader at the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) in Bremerhaven, spent four weeks here this year. There's not much to see around the camp but ice, snow and sky. The temperatures are between minus 40 °C and freezing point. Why would a team of researchers choose to work in such an inhospitable, lonely place? →

05 Professor Dr. Paul Bons

Photo: Friedhelm Albrecht

06 Sonja Wahl misst stabile Wasserisotope, aus denen die Temperatur zum Zeitpunkt des Schneefalls rekonstruiert wird. // Sonja Wahl measures stable water isotopes from which the temperature at the time of the snowfall is reconstructed.

Photo: Nico Stoll/AWI/EastGRIP

07 Der Bohrkern wird bearbeitet ...

// The ice core is prepared ...

08 ... und in handliche Stücke zersägt.

// ... and sawn into handy pieces.

Photo: Nico Stoll/AWI/EastGRIP

The deepest ice in Greenland is over 120,000 years old in some places. At that time – the end of the Eemian Interglacial – snow covered the island like a blanket. During the next 100,000 years, when mammoths, woolly rhinos and cave lions populated Central Europe, more and more layers were deposited, and with each further layer the pressure on the ice crystals increased. As the ice crystals became compressed, they changed their form and direction. Air bubbles and sometimes ashes from volcanic eruptions became trapped in the ice. Such bubbles contain ancient atmosphere that allows conclusions to be drawn about the climate at the time. To uncover these secrets, glaciologists have to drill deep, as Greenland's ice sheet is over 3,000 meters at its thickest point.



Layer by layer
into the depths

In the camp's first summer of 2016, using chainsaws, snow groomers and snowploughs, researchers dug spacious tunnels, or trenches, into the ice that now serve as an ice laboratory and drilling pit. Even though surface temperatures fluctuate, a relatively constant -20 to -15 °C prevails here. This is important to keep the ice core at constant conditions when the ice drill extracts its precious cargo from the depths.

The drill consists of nested steel tubes with a drill head and is controlled by a kilometer-long cable. Depending on the physical properties of the ice, the team can get through up to twenty meters per day. Care has to be taken, because if the steel teeth cut through brittle ice, the ice core can easily break with a risk of contaminating the valuable air that is trapped in the ice for thousands of years.

In the first year, drilling reached a depth of 400 meters where the ice is 3,000 to 4,000 years old. At the end of June 2018, at a depth of 1,300 meters, the drilling teams reached the beginnings of the Holocene, our current inter-

09 Das Eis wird für weitere Untersuchungen in hauchdünne Scheiben geschnitten.
// The ice is cut into wafer-thin slices for further analysis.
Photo: Ilka Weikusat/AWI/EastGRIP

10 Forschung bei bis zu -40 Grad Celsius
// Research at down to -40 degrees Celsius
Photo: AWI/EastGRIP

11 Die einzelnen Eisschichten im Dunkelfeld dargestellt.
// The individual ice layers shown by dark field microscopy.
Photo: Julien Westhoff/AWI/EastGRIP

glacial period, which began around 12,000 years ago. Future drilling efforts aim to reach the base of the 2,600 meter thick ice sheet at this point.

Once the drilling team has extracted the up to four meters long and ten centimeters thick ice cores, the processing team takes over. The ice core is sawn into handy 55 centimeter long pieces, the electrical properties are measured and the ice is photographed using dark field microscopy to make the annual layers visible. In this process they also cut wafer-thin sections and use polarized light to make the structure of the individual ice crystals visible. Finally, the ice core sections are neatly labeled and packed for the journey home. Once the samples arrive at their destination, they are cut into smaller samples and investigated by researchers from around the world, creating a data flow from the polar ice stream.

Gigantic
ice pudding

Beyond reconstructing climatic conditions, scientists also want to better understand the ice including its internal structure, behaviour under pressure and the movement of the entire ice sheet towards the sea. "We want to find out why the ice here is moving so quickly towards the coast", Weikusat explains. The drilling camp is located on a huge ice stream, the "Northeast



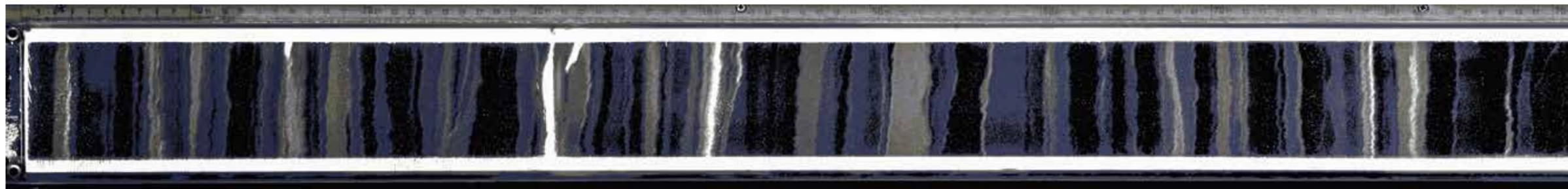
10

Greenland Ice Stream" (NEGIS), on billions of tons of ice sliding 60 meters per year on the rocky continent towards the sea, driven by its own weight – like a huge, cold pudding gliding over a warm plate.

"We don't know much about the rock base, the plate, but we can examine the pudding", explains Weikusat. "We want to know how the ice is structured to understand how it is sliding over the edge towards the sea." Unlike pudding, ice is crystalline and ice flow is influenced by the microstructure of the crystals. In different layers, these vary greatly in alignment, size and shape, and it is important to find out why. New insights into the structure, deformation and movement of the ice layers are then incorporated into models that can be used, for example, to more accurately predict the rise in sea level.

While Weikusat traces the details in the ice, her colleague Daniela Jansen, also a Tübingen lecturer and glaciologist at the AWI in Bremerhaven, takes to the air over Greenland. She uses airborne radar to penetrate the ice over a large area and is able to draw conclusions about the ice layers from the reflection of the radar waves. In combination with flow velocities from satellite data, the researchers can create a 3D reconstruction of the ice masses.

The new findings on ice structure, flow velocity and folding are analyzed by Paul Bons, Professor for Structural Geology at the University of Tübingen. Bons's research group in Tübingen is regarded as the world leader in the modeling of geological structures caused by flow movements. Using complex computer models, the group calculates the movements of rock layers, magma or ice flows. Initial results suggest that the "ice pudding" is softer than expected, but this does not mean that it also melts faster. _____//



11

Competence Center Archaeometry Baden-Wuerttemberg (CCA-BW)

Das Competence Center Archaeometry Baden-Wuerttemberg (CCA-BW) wurde 2016 an der Universität Tübingen gegründet und ist aus dem Teilbereich Materialwissenschaftliche Archäometrie in der Angewandten Mineralogie hervorgegangen. Unter Leitung von Dr. Christoph Berthold, Professor Klaus Nickel und Seniorprofessor Klaus Bente untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler archäologische Artefakte mit speziell auf archäologische Bedarfe zugeschnittenen Analyseverfahren und modernsten Messmethoden. Sie bearbeiten damit auch materialwissenschaftliche Fragestellungen, beispielsweise im Bereich der industriellen Prozesskontrolle, Materialentwicklung oder Schadensanalyse. Für das aktuelle Projekt kooperiert das CCA-BW mit dem Geoarchäologen Professor Christopher Miller vom Institut für Naturwissenschaftliche Archäologie an der Universität Tübingen. Das CCA-BW wird vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, der Firma Helmut Fischer Institut für Elektronik und Messtechnik GmbH in Sindelfingen sowie aus Mitteln der Exzellenzinitiative an der Universität Tübingen gefördert.

// The Competence Center Archaeometry Baden-Wuerttemberg (CCA-BW) was founded in 2016 at the University of Tübingen and developed from the Archaeometry section of the Applied Mineralogy group. Under the direction of Dr. Christoph Berthold, Professor Klaus Nickel and Senior Professor Klaus Bente, its scientists are investigating archaeological artifacts using analytical methods and advanced measuring methods developed for archaeological needs. They also work on research questions in materials science, for example in the field of industrial process control, material development or damage analysis. For the current project, the Center is partnering with the geoarchaeologist Professor Christopher Miller from the Institute for Archaeological Sciences at the University of Tübingen. The CCA-BW is funded by the Baden-Württemberg Ministry of Science, Research and the Arts, the Helmut Fischer GmbH, Institut für Elektronik und Messtechnik in Sindelfingen, and the Excellence Initiative at the University of Tübingen.

www.cca-bw.de

Zeitreise im Dienst der Wissenschaft

Time Travel for Science

TEXT
Susanne Zahn

PHOTOS
Christoph Jäckle

Das Experiment: Tongefäße brennen wie die Zeitgenossen von Karl dem Großen. Das Ziel: Daten und Vergleichsmodelle, die dabei helfen, archäologische Funde zu interpretieren. Forscherinnen und Forscher am Kompetenzzentrum für Archäometrie in Baden-Württemberg haben auf dem Campus Galli einen Ausflug ins Mittelalter gemacht.

// Researchers fire clay pots like the Carolingians to collect data and create comparative models for interpreting archaeological finds. At the Competence Center Archaeometry in Baden-Württemberg they are taking a journey back into the Middle Ages at Campus Galli.

> deutsch



01



02



03

// _____ Rauch liegt in der Luft. In der kleinen Senke im Wald herrscht emsiges Treiben. „Wir brauchen noch mehr Holz für den Notfall!“, ruft Martin Rogier zwei Studenten zu, und schon sind die beiden im Wald verschwunden. Mit Säge und Axt zerkleinern sie mühsam die Äste, die im Winter geschlagen wurden. Korb um Korb schleppen sie die Holzscheite herbei und schichten sie hinter dem Ofen auf, der für die nächsten beiden Tage im Zentrum der Aufmerksamkeit steht. Die hüfthohe Halbkugel aus Lehm erinnert an ein kleines Iglu und wirkt aus der Zeit gefallen. Tatsächlich ist sie das auch: Der Ofen steht am nordwestlichen Rand der sogenannten Klosterbaustelle Campus Galli und ist den Öfen nachempfunden, die zur Zeit der Karolinger um das Jahr 800 in Gebrauch waren.

Der Campus Galli

Martin Rogier, Archäologe und Mitarbeiter des Campus Galli, hat den Ofen nach archäologischen Funden gebaut. Mit braunem Vollbart, langen Haaren und in groben Leinenhosen töpft er Gebrauchsgefäße für die Klosterbaustelle und erklärt Besuchern seine Arbeit. Der Lehmgrube gegenüber entnimmt er das Rohmaterial für Töpfe, Krüge und Becher; nebenan formt er in einem schindelgedeckten Holzunterstand Gefäße nach historischem Vorbild auf einer hölzernen Töpferscheibe. Alles, was er dafür benutzt, stand auch den Menschen zur Zeit Karls des Großen zur Verfügung. Das ist das Konzept des Campus Galli. Nach dem Vorbild des 1.200 Jahre alten St. Galler Klosterplans baut der Verein „Karolingische Klosterstadt e.V.“ seit 2013 ein mittelalterliches Kloster ausschließlich mit zeitgenössischen Materialien und Techniken auf. Auf einem weitläufigen Waldareal in der Nähe von Meßkirch zimmern, schreinern, schmieden, weben, töpfern und dreheln 25 Angestellte und zahlreiche Freiwillige; eine Holzkirche, zahlreiche Werkstätten, Gärten und Äcker sind bereits heute für Besucher geöffnet.

01 Dr. Silvia Amicone
02 Dr. Christoph Berthold
03 Professor Dr. Klaus Nickel



04



05

- 04 Keramik wird hier nach Techniken gebrannt, die aus der Zeit Karls des Großen stammen. // Ceramics are fired here using techniques that date back to the time of Charlemagne.
- 05 Auf dem Campus Galli entsteht ein mittelalterliches Kloster mit damaligen Materialien und Techniken. // A medieval monastery is built at Campus Galli using materials and techniques from that time.
- 06 Der Brennvorgang wird genau dokumentiert. // The firing process is precisely documented.
- 07 Tobias Kiemle bereitet die Messgeräte vor. // Tobias Kiemle prepares the measuring instruments.
- 08 Öfen wie diese nutzten die Karolinger um das Jahr 800. // Ovens like these were used by the Carolingians around the year 800.



06



07

Dahinter steckt wissenschaftlicher Anspruch: „Die Winterpause nutze ich zum Lesen“, berichtet Martin Rogier. „Wenn ungewöhnliche Gefäße im Bereich einer Töpferwerkstatt ausgegraben werden, dann wurden die damals vermutlich von den Töpfern selbst für eine bestimmte Tätigkeit benutzt.“ In seiner Töpferwerkstatt brennt er im Sommer die Funde aus seinen Recherchen nach. Anschließend versucht er herauszufinden, wie sie benutzt worden sind. Darüber hinaus versorgt er die Handwerkerinnen und Handwerker der Klosterbaustelle mit Töpfen, Bechern und Vorratsgefäßen.

Ausnahmestand auf der Klosterbaustelle

Heute herrscht auf der kleinen Lichtung um seine Töpferwerkstatt Ausnahmestand: Dr. Silvia Amicone, Archäologin am Kompetenzzentrum für Archäometrie Baden-Württemberg (CCA-BW), dirigiert eine Gruppe von Studierenden und Mitarbeitern. Der heutige Brennvorgang auf der Klosterbaustelle soll mit wissenschaftlichen Methoden genauestens dokumentiert werden. Amicone ist überall gleichzeitig: In Sweatshirt und einer Mittelalter-Leinenhose – mehr gab der Fundus des Campus Galli bei dem Ansturm nicht her – teilt sie die Gruppe für die Aufgaben ein. Die Messgeräte werden vorbereitet, die getrockneten Tongefäße vermessen, feine Risse am Ofen mit frischem Lehm geflickt, ein Feuerlöscher für den Notfall bereitgestellt und nebenbei immer mehr Holz herbeigeschafft ... es ist viel zu tun. Auf Englisch, Deutsch und Italienisch fliegen Wortfetzen



08

über die Lichtung. „Wir sind ganz schön international hier“, bemerkt Amicone amüsiert.

Der Ofen ist Zentrum und Ruhepol des Geschehens: In der Grube dahinter beaufsichtigen zwei Studentinnen das Feuer. Hin und wieder werfen sie einen Ast aus dem Holzstapel hinter sich in die Kammer unter dem Lehmofen. Heute wird vorgeheizt, damit die Tontöpfe vor dem eigentlichen Brennvorgang mithilfe der Restwärme vollständig durchtrocknen. Am Folgetag wird der Dienst an der Feuerkammer dann der wichtigste und anstrengendste sein: Von sechs Uhr morgens an muss die Temperatur im Ofen bis in die Nacht hinein langsam auf 850–900 °C gebracht werden, damit der Ton zu Keramik gebrannt wird. „Wir wollen genau wissen, was mit der Keramik im Ofen passiert“, erklärt der Mineraloge und Materialwissenschaftler Dr. Christoph Berthold das Ziel des wissenschaftlichen Experiments. Der Leiter des CCA-BW beobachtet gelassen die Vorbereitungen und betont: „Der Campus Galli ist eine einzigartige Gelegenheit für uns. Dort gibt es den Töpferofen und Martin Rogier, der die alte Technik beherrscht. In Tübingen könnten wir dieses Experiment nicht durchführen.“ →



09

Die Messungen

Im Moment sind die Becher, Krüge und Schalen noch zu einer ockerfarbenen Landschaft auf einigen Holzbrettern angeordnet. Die Tonwaren changieren von hellgelb bis rotbraun: zehn verschiedene Materialzusammensetzungen werden getestet. In den Boden jedes Gefäßes wird eine Nummer gekratzt, in einer provisorischen Fotostation werden die Stücke fotografiert, gewogen und die Daten im Laptop dokumentiert. „Nach dem Brennen vermessen wir die Gefäße erneut“, erklärt Amicone. Unermüdlich bereiten einige Studierende in der Zwischenzeit immer mehr Holz vor. Die Menge wird gewogen und der ungefähre Anteil von Fichte, Eiche und Buche bestimmt. „Am Ende messen wir, wie viel Holz noch übrig ist. So können wir einschätzen, wie viel Holz bei den Brennvorgängen etwa verbraucht wurde.“

Der Ofen ist vorgeheizt – nun können die Temperaturfühler positioniert werden. Es gleicht einer Operation, wenn die langen, silbernen Stäbe durch kleine Öffnungen in der Ofenwand an die vorher bestimmte Position geschoben werden: Die eigens für das CCA-BW gefertigten Fühler werden die Temperatur in verschiedenen Zonen des Ofens während des Brennvorgangs aufzeichnen.

Als Nächstes befüllt Rogier die Brennkammer. Wie beim dreidimensionalen Tetris mit rohen Eiern schichtet er die fragilen Lehmgebilde in den Ofen. „Die exakte Position der Gefäße dokumentieren wir beim Rausnehmen. Jetzt geht das nicht“, bestimmt er. Sobald die Öffnungen des Ofens mit Lehmzie-



10

geln fest verschlossen sind, ist er bereit: Noch sind die Gefäße geformter und getrockneter Lehm, erst durch das Brennen am nächsten Tag werden sie zu Keramik – unter den Argusaugen der Forscherinnen und Forscher.

Forschung und Lehre

Für die Studierenden ist die Exkursion zum Campus Galli Teil des Seminars „Materials Science and Archaeological Ceramics: Manufacturing and Material Properties of Ancient and Modern Ceramics“. Die (angehenden) Forscherinnen und Forscher vereinen archäologische Fragestellungen (Wie sind welche Keramiken entstanden?) und naturwissenschaftliche Analysemethoden. „Diese Herangehensweise ist in Deutschland noch nicht sehr verbreitet“, erklärt Amicone. Das Kompetenzzentrum für Archäometrie will die Lücke schließen: Gemeinsam mit Professor Klaus Nickel, Seniorprofessor Klaus Bente und Dr. Tobias Kiemle koordinieren Amicone und Berthold dort Kooperationen wie die mit Campus Galli und führen Lehrveranstaltungen durch.

Mehrere Tage muss der Ofen auf dem Campus Galli vollständig abkühlen. Erst dann kann er geöffnet werden und zeigt sich, ob der Brand gelungen ist. Zurück in Tübingen werden die Forscherinnen und Forscher die Gefäße dann im Labor mit hochmodernen Röntgengeräten, Spektrometern und Mikroskopen genauestens unter die Lupe nehmen und den Brennvorgang unter kontrollierten Bedingungen nachstellen. „Die Daten, die wir sammeln, sollen zeigen: Diese Temperaturen in Kombination mit dieser Technik verursachen jene Strukturen. Wenn wir bei archäologischen Ausgrabungen Tonscherben finden, können wir diese dann besser interpretieren“, führt Amicone aus.

Sie sieht sich mit dem Projekt noch am Anfang: „Die Töpfe sind nur ein Teil der Geschichte.“ Ein nächster Schritt wäre beispielsweise, damit zu kochen und zu dokumentieren, wie der Gebrauch die Struktur der Keramik verändert. „Langfristiges Ziel des CCA-BW ist es, ähnliche Versuche mit anderen Fragestellungen durchzuführen, beispielsweise in der Metallgewinnung und -verarbeitung“, plant Berthold. Quasi als Beifang wurden bei dem Brennvorgang schon mal die Temperaturen in der Ofenwand gemessen: Ein Geoarchäologe möchte mithilfe der Daten besser verstehen, welche Veränderungen der Ofen beim Brennvorgang durchläuft. _____//



11

”
Wir wollen genau wissen, was mit der Keramik im Ofen passiert.

We want to know exactly what happens to the pots in the kiln.

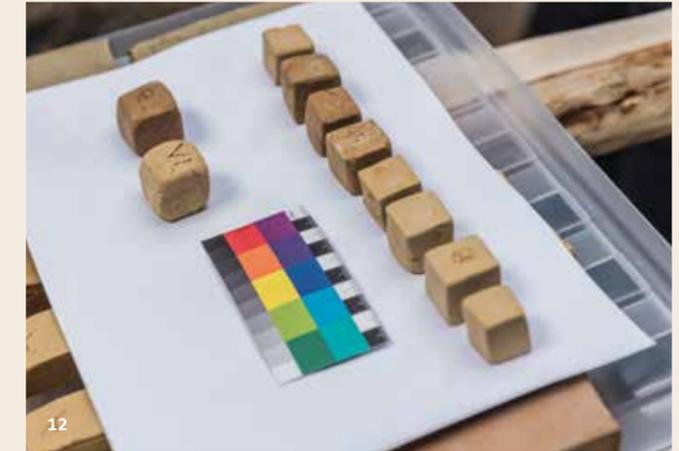
“

09 Der Lehm für die Keramikgefäße wird angerührt. // Mixing the clay for the ceramic vessels.

10 Archäologe Martin Rogier (rechts) vom Campus Galli hat den Ofen gebaut und steuert wissenschaftliche Recherche bei. // Archaeologist Martin Rogier (right) from Campus Galli built the furnace and contributed scientific research.

11 Dr. Paola Sconzo bereitet ein Tongefäß für den Brennvorgang vor. // Dr. Paola Sconzo prepares a clay pot for firing.

12 Erste Materialtests werden durchgeführt. // First material tests are carried out.



12

> english

// _____ Martin Rogier, archaeologist and employee of Campus Galli, has built a kiln on the construction site based on historical finds. With a full brown beard, long hair and wearing coarse linen pants, he is forming ceramic pots for the monastery construction site while explaining his work to visitors. From the clay pit, he gathers the raw material for pots, jugs and cups. Under a shingle-covered wooden shelter he forms vessels based on historical models on a wooden potter's wheel.

Just like everything at Campus Galli, everything he uses in his work was available at the time of Charlemagne. Following the 1,200-year-old Plan of Saint Gall, Karolingische Klosterstadt e.V. began building a medieval monastery using only Carolingian materials and techniques in 2013. On an spacious forest area near Meßkirch, Germany, 25 employees and numerous volunteers turn their hands to carpentry, forging, weaving, pottery and lathing. A wooden church, numerous workshops, gardens and fields are already open to visitors.

Modern science arrives
 at the monastery construction site

Dr. Silvia Amicone, archaeologist at the Competence Center Archaeometry Baden-Württemberg (CCA-BW), leads a group of students and staff on a scientific visit to the site. The firing process at the monastery construction site is to be documented in detail using scientific methods. Work is already underway. Her team is installing measuring devices, documenting unfired vessels, repairing fine cracks in the oven with fresh clay, while a fire extinguisher is located for emergencies and more and more wood is brought in. Fragments of English, German and Italian can be heard across the clearing.

The kiln is at the center of all this activity: Today it is being preheated so that the unfired pots dry completely through before the actual firing process. On the following day, kiln firing will be one of the most important and difficult activities: From six in the morning until late at night, the temperature in the kiln must be slowly raised to 850–900 °C to transform clay into ceramics. “We want to know exactly what happens to the pots in the kiln”, mineralogist and materials scientist Dr. Christoph Bert- →

”

Der Campus Galli bietet eine einzigartige Gelegenheit für dieses Experiment.

Campus Galli is a unique opportunity for us to conduct this experiment.

“

hold explains the aim of the experiment. The head of the CCA-BW observes the preparations calmly: “Campus Galli is a unique opportunity for us thanks to its medieval kiln and Martin Rogier who has mastered ancient techniques. We would not be able to conduct this experiment in Tübingen.”

The measuring process

At the moment the cups, jugs and bowls are still arranged in an ochre landscape across wooden boards. The color of the vessels varies from light yellow to red-brown: ten different material compositions are being tested. A number is scratched into the bottom of each vessel, the pieces are photographed in a provisional studio and weighed and the data are documented in the laptop. “After firing, we will measure the vessels again”, Amicone explains. In the meantime, some students are tirelessly preparing more and more wood. The wood is weighed along and the proportion of spruce, oak and beech estimated. “At the end, we will measure how much wood is left. This enables us to estimate how much wood was used during the firing processes.”

The furnace has been preheated and the thermocouples can be positioned. It requires almost surgical precision as the long, silver rods are pushed into position through small openings in the furnace wall: The thermocouples were manufactured especially for the CCA-BW and they will record the temperature in different zones of the furnace during the firing process.

Next, Rogier fills the firing chamber. As if playing three-dimensional Tetris with great care, he places the fragile unfired vessels in the kiln. “We document the exact position of the vessels as they are removed. We can’t do it now”, he says. As soon as the openings of the kiln are tightly closed with clay bricks, the process is finished: Right now the vessels are only dried clay, when they are fired the next day under the close supervision of the researchers, they will become ceramics.



13

Research and teaching

For students, the excursion to Campus Galli is part of the seminar “Materials Science and Archaeological Ceramics: Manufacturing and Material Properties of Ancient and Modern Ceramics”. The researchers and their students aim to investigate how different ceramics were made using scientific methods of analysis. “This approach is not yet very common in Germany”, Amicone explains. The Competence Center for Archaeometry wants to close the gap: Together with Professor Klaus Nickel, Senior Professor Klaus Bente and Dr. Tobias Kiemle, Amicone and Berthold coordinate collaborations such as those with Campus Galli.

The kiln on Campus Galli has to cool down completely for several days. Back in Tübingen, the researchers will use state-of-the-art X-ray equipment, spectrometers and microscopes to closely examine the vessels in the laboratory and reproduce the firing process under controlled conditions. “We want to study ancient pyrotechnology. We can use our findings to better interpret ceramic artifacts found in archaeological excavations”, explains Amicone.

But the work carried out so far is just the beginning: “Making the pots is only part of the story. The next step, for example, would be to use them and document how daily usage affects the characteristics of the ceramic”, says Amicone. “The Center’s long-term goal is to carry out similar experiments also on other kind of material, for example metals”, says Berthold. Temperatures in the kiln wall were also measured during the firing process: A geoarchaeologist would like to use the data to better understand structural changes of the kiln during the firing process. _____//

13 Campus Galli ist nun auch Lern- und Forschungsort der Universität Tübingen. // Campus Galli is now also a place of learning and research of the University of Tübingen.



Mit circa 200 Mitarbeitern ist die HECKER® Gruppe einer der großen Dichtungshersteller in Baden-Württemberg. Zur Verstärkung unseres Teams und für interessante Projekte suchen wir aktuell engagierte Mitarbeiter, Praktikanten und Werkstudenten (jeweils w/m/d) für

Vertrieb, Prozessoptimierung und IT

mit Bereitschaft zu eigenverantwortlicher Arbeit. Wir bieten Ihnen anspruchsvolle und abwechslungsreiche Tätigkeiten in einem traditionellen und familiären Umfeld. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!




HECKER® WERKE GmbH Arthur-Hecker-Str. 1 D-71093 Weil im Schönbuch Tel: ++49 (0)7157-560-0 Fax: ++49 (0)7157-560-200 mail@heckerwerke.de www.heckerwerke.de



Krankenhäuser Landkreis Freudenstadt gGmbH

Krankenhaus Freudenstadt • Hospital zum Heiligen Geist Horb
 Klinik für Geriatrische Rehabilitation Horb
 Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen

Besuchen Sie unsere Website: www.klf-net.de

Die KLF gGmbH bedient mit dem Klinikum in Freudenstadt ein Haus der Grund- und Regelversorgung mit 340 Betten in den Hauptabteilungen Innere Medizin I (Allgemeine Innere Medizin mit Geriatrie, Gastroenterologie, Hämatologie, Onkologie, Stroke Unit), Innere Medizin II (Kardiologie, Angiologie und Intensivmedizin), Chirurgie (Allgemein-/Viszeralchirurgie und Unfallchirurgie/Orthopädie), Gynäkologie/Geburtshilfe, perinatalogisches Zentrum und plastische Chirurgie (Ästhetiklinie), Anästhesiologie und Intensivmedizin, Pädiatrie, Psychiatrie und Psychosomatik,

Radiologie und Nuklearmedizin (MRT, CT) sowie den Belegabteilungen HNO, Kiefer- und Oralchirurgie. Des Weiteren ist ein überörtliches Medizinisches Versorgungszentrum mit den Disziplinen Neurochirurgie, Kardiologie, Gynäkologie, Chirurgie und Psychiatrie angesiedelt. Das Haus verfügt über eine interdisziplinäre Intensivstation mit 9 Betten, das Labor steht rund um die Uhr zur Verfügung. Am Standort Horb ist eine Klinik für Geriatrische Rehabilitation mit 50 Betten angeschlossen.

Für den **Standort Freudenstadt** suchen wir für unseren **Kreißsaal** zum nächstmöglichen Zeitpunkt in Voll- oder Teilzeit eine/-n

Hebamme/Entbindungspfleger

Ihr Profil:

- Erfolgreicher Abschluss als staatlich anerkannte/-r Hebamme/Entbindungspfleger
- Gerne auch Berufsanfänger/-in
- Freundliches Auftreten und wertschätzende Umgangsformen
- Hohe Fach- und Sozialkompetenz
- Engagement, Verantwortungsbewusstsein und Flexibilität
- Patientenorientiertes, selbstständiges und eigenverantwortliches Arbeiten
- Aufgeschlossenheit gegenüber Neuerungen
- Bereitschaft zur konstruktiven Zusammenarbeit im interdisziplinären Team

Es erwartet Sie bei uns:

- Eine interessante, vielseitige und verantwortungsvolle Aufgabe
- Eine gezielte, auf Ihre Vorkenntnisse abgestimmte Einarbeitung
- Weiterentwicklung Ihrer beruflichen Kompetenz durch Fort- und Weiterbildung
- Eine gute Atmosphäre in einem engagierten Team
- Vergütung nach dem TVöD einschließlich aller Sozialleistungen des Öffentlichen Dienstes
- Wohnmöglichkeit in unserem Personalwohngebäude

Wenn wir Ihr Interesse geweckt haben und Sie an einer Mitarbeit in unserem Hause interessiert sind, freuen wir uns auf Ihre Bewerbung! Diese senden Sie bitte an die:

Krankenhäuser Landkreis Freudenstadt gGmbH
Personalabteilung, Postfach 380, 72233 Freudenstadt
 Sie erreichen uns auch per E-Mail: bewerbung@klf-net.de

Für weitere Informationen steht Ihnen unsere Pflegedirektorin, Frau Merkl, unter Telefon 07441 54-6325 zur Verfügung.

Drei Fragen zu Genom-Editierung

// Three Questions about Genome Editing

CRISPR/Cas9 hat die Forschung revolutioniert: Mit der Genschere lassen sich einzelne Bausteine des Erbguts ausschalten oder ersetzen, sei es zur Züchtung schädlings-resistenter Pflanzen oder vielleicht einmal zur Behandlung von Erbkrankheiten.

Dr. Robert Ranisch setzt sich mit Chancen und Risiken der neuen Technik auseinander: Er leitet an der Universität Tübingen die deutschlandweit erste Forschungsstelle „Ethik der Genom-Editierung“ und schrieb kürzlich ein Gutachten zur Thematik für das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.

// CRISPR/Cas9 has revolutionized research: Genetic scissors can be used to switch off or replace individual building blocks of genetic material in pest-resistant plants or for treating hereditary diseases. Dr. Robert Ranisch deals with the opportunities and challenges presented by the new technology: He is head of Germany's first research unit on the "Ethics of Genome Editing" at the University of Tübingen and recently wrote an expert report on the topic for the Office for Technology Assessment at the German Bundestag.

> deutsch

// attempto!: Forschern ist es im Labor gelungen, mit CRISPR/Cas an Embryonen Mutationen zu korrigieren. Haben wir bald die technischen Möglichkeiten, Erbkrankheiten am frühesten menschlichen Leben zu heilen?

Dr. Robert Ranisch: Bis die Genom-Editierung von Embryonen Praxis im klinischen Alltag werden könnte, ist der Weg noch sehr weit. In der Grundlagenforschung gelingt die Korrektur von Erbkrankheiten gelegentlich, aber für eine Austragung der Embryonen ist viel zu wenig über Risiken, Schädigungen oder Langzeitfolgen bekannt. Auch fehlen Strategien für eine verlässliche Kontrolle, ob die Genom-Editierung überhaupt erfolgreich verlaufen ist. Das ist besonders problematisch, da genetische Veränderungen an weitere Generationen vererbt werden. Zudem lässt sich die Weitergabe der meisten Erbkrankheiten bereits heute durch die Präimplantationsdiagnostik vermeiden. Trotzdem kann ich mir vorstellen, irgendwann von der Geburt des ersten „genetisch veränderten Kindes“ zu lesen. Nachdem die Methode vergleichsweise einfach einsetzbar ist, findet sich vermutlich eine Kinderwunschlinik, die den Versuch wagt.

// Die Möglichkeit, in dieser Art Leben zu manipulieren, löst viele Ängste aus. Lässt sich diese Entwicklung überhaupt noch kontrollieren?

Das ist schwierig: In Deutschland sind der Veränderung von Embryonen zwar rechtliche Grenzen gesetzt. Für eine einheitliche internationale Regulierung ist politisch aber kein Kompromiss vorstellbar und es fehlt an globalen Verantwortungsinstanzen. Ein Moratorium (Forschungsverzicht) ist hinfällig, seit die

US-Wissenschaftsakademien und der britische Ethikrat Genom-Editierung von Embryonen kürzlich als „zulässig“ einordneten. Dennoch haben Schreckensszenarien wie das „Designerbaby“ wenig mit der Realität zu tun. Für bedenklich halte ich eher subtile Verschiebungen im gesellschaftlichen Diskurs, z.B. wenn sich Paare zunehmend rechtfertigen müssten, warum sie auf bestimmte Techniken der Fortpflanzungsmedizin verzichten.

// Welchen Umgang empfehlen Sie als Medizinethiker mit dem Thema?

Ich wünsche mir von der Politik wie auch der Wissenschaft, dass sie stärker den Dialog mit der Gesellschaft sucht: Eine ehrliche Debatte darüber, was in Deutschland künftig im Bereich der Embryonenforschung und in der Reproduktionsmedizin zulässig sein soll. Jetzt macht man sich die Hände nicht schmutzig, verspielt aber die Chance, regulatorisch mitzureden. Man muss nicht gleich in die klinische Anwendung gehen, aber könnte überlegen, Grundlagenforschung an überzähligen Embryonen zu erlauben. Gleichzeitig sollte die Wissenschaft klar bekennen, dass derzeit niemand abschätzen kann, ob und wann Genom-Editierung einmal Patienten zugutekommt.

> english

// attempto!: Researchers have succeeded in correcting mutations in embryos with CRISPR/Cas in the laboratory. Will we soon have the technical means to cure hereditary diseases at the earliest stage of human life?

Dr. Robert Ranisch: There is still a long way to go before genome editing of embryos could become part of everyday clinical practice. In basic research, the correction of hereditary diseases is occasionally successful, but far too little is known about risks, damage or long-term consequences for the implantation and carrying of embryos. Strategies for reliably verifying, whether genome editing has been successful, are also lacking. This is particularly problematic because genetic changes are passed on to future generations. In addition, the transmission of most hereditary diseases can already be avoided by preimplantation diagnostics. Nevertheless, I can imagine reading about the birth of the first "genetically modified child" at some point. Since the method is comparatively easy to use, there is probably a fertility clinic that will dare to try it.

// The possibility of manipulating life in this way triggers many fears. Is it still possible to control this development?

That's difficult: In Germany, there are legal limits to the modification of embryos. However, no political compromise is conceivable for uniform international regulation and there is a lack of global instances of responsibility. A moratorium has lapsed since the US Academies of Sciences and the British Ethics Council recently classified genome editing of embryos as "permissible". Nevertheless, horror scenarios like the designer baby have little to do with reality. I rather find subtle shifts in social discourse questionable, e.g. if couples have to increasingly justify why they renounce certain techniques of reproductive medicine.



Forschungsstelle „Ethik der Genom-Editierung“
Research Center
"Ethics of Genome Editing"
(EGE)

> Die Forschungsstelle „Ethik der Genom-Editierung“ (EGE) der Universität Tübingen dokumentiert wissenschaftliche und technische Entwicklungen der Genom-Editierung und ihre öffentliche Diskussion, mit dem Fokus auf Anwendungen in der Medizin. Sie will so Grundlagen für die ethische Reflexion dieser Entwicklungen schaffen und weiterentwickeln. // The Research Center "Ethics of Genome Editing" (EGE) at the University of Tübingen documents scientific and technical developments in genome editing and their public discussion, with a focus on applications in medicine. In this way, it aims to create and further develop the basis for ethical reflection on these developments.

> Mit biomolekularen Methoden wie dem CRISPR/Cas-System lassen sich Gene gezielt und einfach verändern. Die „Genom-Editierung“ ermöglicht die Züchtung neuer Pflanzensorten und vielleicht irgendwann neue Gentherapien oder die Behandlung von Embryonen, um die Weitergabe von Erbkrankheiten zu verhindern. Gleichzeitig wirft dies ethische, juristische und soziale Fragen auf: Wie gehen Gesellschaft und Wissenschaft verantwortlich mit den neuen Möglichkeiten um? Was sind die Risiken und Langzeitfolgen? Wie verändert dies unser Verständnis von Gesundheit und Krankheit? // Biomolecular methods such as the CRISPR/Cas system enable the targeted and simple modification of genes. Genome editing enables the breeding of new plant varieties and may lead to new gene therapies or the treatment of embryos to prevent the transmission of hereditary diseases. At the same time, this raises ethical, legal and social questions: How do society and science deal responsibly with the new opportunities? What are the risks and long-term consequences? How does this change our understanding of health and illness?

> EGE wurde 2017 am Institut für Ethik und Geschichte der Medizin eingerichtet und wird durch die Dr. Kurt und Irmgard Meister-Stiftung im Stifterverband gefördert. // EGE was established in 2017 at the Institute for Ethics and History of Medicine and is funded by the Dr. Kurt and Irmgard Meister Foundation within the Stifterverband.

www.genom-editierung.de

// As a medical ethicist, how do you recommend dealing with this topic?

I hope that politics and science will seek a stronger dialogue with society: An honest debate on what should be permissible in Germany in the future in the field of embryo research and reproductive medicine. At the moment, stakeholders might be avoiding getting their hands dirty but they are also wasting an opportunity to have a say in regulatory matters. We don't need to progress straight to clinical application, but perhaps allowing basic research on supernumerary embryos might be considered. At the same time, science should make it clear that currently no one can estimate whether and when genome editing will benefit patients.

Ausblick – in der nächsten Ausgabe

Outlook – in the next edition



Photo: Peter Pfälzner



Photo: fotolia

Die Geheimnisse der Königsstadt Mardaman

The Secrets of the Royal City of Mardaman

→ Die Grabungen von Bassetki haben schon so manches Geheimnis zu Tage gefördert: In der bronzezeitlichen Stadtanlage im Irak stießen Tübinger Archäologen unter anderem auf ein Tontafel-Archiv, das den Fundort als Königsstadt Mardaman identifiziert – eine mehr als 4.000 Jahre alte assyrische Handelsstadt, die bislang nur aus Überlieferungen bekannt war.

// Bassetki's excavations have unearthed many secrets: In the Bronze Age city site in Iraq, archaeologists from Tübingen discovered clay tablets used as an archive. They identify the site as the ancient royal city of Mardaman – a more than 4,000-year-old Assyrian commercial city that has been cited in ancient sources.

Schwieriges Erbe für Museen

Discomforting Heritage for Museums

→ Kolonialzeitliche Objekte, Human Remains oder auch Raubkunst aus dem Dritten Reich: Der Umgang mit „schwierigem Erbe“ fordert das Museum der Universität Tübingen MUT ebenso wie Fachwissenschaftler der Ethnologie. Ein Tübinger Forschungsprojekt widmet sich in Kooperation mit dem Stuttgarter Linden-Museum der Aufarbeitung dieses Themas.

// Colonial objects, human remains or looted art from the Third Reich: The Museum of the University of Tübingen and scholars of ethnology are often faced with a "discomforting inheritance". A research project in Tübingen, in cooperation with the Linden-Museum in Stuttgart, is dedicated to coming to terms with this topic.

Impressum // Imprint

attempo! 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 **AWI / EastGRIP**
 Konzeption **In Medias Rees Werbeagentur**
 Gestaltung **NORDSONNE IDENTITY, Berlin**
 Lektorat **Korrekturbüro Burger, www.korrekturburger.de**
 Druck **Stengel + Partner**
 Auflage **7.000 Exemplare, gedruckt auf FSC®-zertifiziertem Papier**
 Anzeigen **vmm wirtschaftsverlag gmbh & co. kg**
 ISSN **1436-6096**
 Adresse **Eberhard Karls Universität Tübingen, Hochschulkommunikation, Wilhelmstr. 5, 72074 Tübingen**

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



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: Um eine gute Integration mit maximaler Wissensvermittlung zu gewährleisten, wird jeder Abteilung jeweils nur ein PJ-Student zugeteilt.

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

Unsere Angebote der Rems-Murr-Kliniken im Überblick:

Mit unseren zahlreichen Zusatzangeboten unterstützen wir Sie nicht nur dabei, Ihre Kompetenzen und Qualifikationen weiter zu entfalten, sondern möchten auch, dass Sie sich in Ihrem Praktischen Jahr bei uns rundum wohlfühlen. Beispielsweise mit:

- Einer monatlichen Vergütung in Höhe von 400 Euro
- Der Auswahl von Sachleistungen bis zu einer Höhe von monatlich 250 Euro
- Regelmäßigem und strukturiertem Unterricht in den Pflicht- und Wahlfächern
- Einem zusätzlichen speziellen Kursangebot (z.B. EKG, Ultraschall, Notfalltraining)
- Der Möglichkeit zur Teilnahme am internen Fort- und Weiterbildungsprogramm
- Zeit zum Eigenstudium im Umfang von einem halben Tag pro Woche
- Einer persönlichen Betreuung durch Mentorenprogramm

Sie möchten mit uns durchstarten?

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



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

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

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 2.300 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