

FORSCHEN IN MARBURG



FORSCHEN IN MARBURG

INHALT

VORWORTE	4
SICHERHEIT, ORDNUNG, KONFLIKT	6
Dynamiken von Konflikten und Friedensprozessen verstehen	8
Arabische Welt im Umbruch	14
Historische Sicherheitsforschung	20
INTERNATIONAL	28
IM UNIVERSUM DER SPRACHE	32
Erforschung des Sprachwandels	34
Deutschsprachiges Handschriftenerbe sichern	40
NACHWUCHSFÖRDERUNG	46
DEM GEHIRN BEI DER ARBEIT ZUSCHAUEN	50
Die Steuerung von Wahrnehmung und Verhalten	52
Neurobiologie psychischer Erkrankungen	58
TRANSFER: VOM CAMPUS IN DIE WIRTSCHAFT	62
VOM ATOM ZUM FUNKTIONSMATERIAL	64
Innere Grenzflächen bestimmen Materialeigenschaften	66
Leistungsfähigere Halbleiter entwickeln	70
FORSCHUNGSCAMPUS MITTELHESSEN	74
GRUNDLAGEN DES LEBENS	76
Wie Bakterien ihr Innenleben organisieren	78
Erbsubstanz als Langzeitarchiv	82
Wie der Mensch die Umwelt verändert	86
FORSCHUNGSBAUTEN	92
IM DIENST DES PATIENTEN	98
Erforschung des Bauchspeicheldrüsentumors	100
Forschung zu hochpathogenen Viren	104
IMPRESSUM	108



VORWORT

Forschen in Marburg – vernetzt und interdisziplinär



Foto: Rolf K. Wegst

Exzellenz in den Einzeldisziplinen legt den Grund für neue Erkenntnisse. Weitere Fortschritte erfordern ein vernetztes Denken und interdisziplinäre Forschung. Das zeigt sich auch in den Forschungsschwerpunkten, die sich an der Philipps-Universität Marburg herausgebildet haben und die wir Ihnen in dieser Ausgabe von »Forschen in Marburg« vorstellen. Sie lernen herausragende Marburger Persönlichkeiten aus verschiedenen Wissenschaftsfeldern der Universität kennen, die ihre innovative Einzelforschung zu übergreifenden Kooperationen gebündelt haben.

Die Verbünde, die wir Ihnen präsentieren, spiegeln das breite Fächerspektrum an der Philipps-Universität wider. Sie zeigen zugleich, wie konsequent durch die Kontinuität der Arbeit an großen Forschungsfragen Erfolge erzielt werden können. Die neurowissenschaftlichen Verbünde zeigen, wie die Disziplinen über die Fächerkulturen hinweg zusammenwachsen. Hier kooperieren seit langem Natur- und Lebenswissenschaften mit den Sprach- und Sportwissenschaften und über die Universität hinaus mit Partnern in Mittelhessen und der ganzen Welt.

Von großer Bedeutung für die Philipps-Universität Marburg ist der Forschungscampus Mittelhessen, der seit 2016 zusammen mit der Justus-Liebig-Universität Gießen und der Technischen Hochschule Mittelhessen betrieben wird. Stärken des Verbunds sind die gemeinsamen Forschungsschwerpunkte und die wechselseitige fachliche Ergänzung – unter anderem in der historischen Sicherheitsforschung, in den Neurowissenschaften, in der Halbleiterforschung, Mikrobiologie, Virologie und Tumorforschung. Viele der hier vorgestellten Verbünde gehören zu einem der Schwerpunkte oder Profilbereiche des Forschungscampus.

Ein besonderer Dank gilt den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern für ihre Mitwirkung an dieser Publikation.

Ich wünsche Ihnen bei der Lektüre viel Vergnügen und neue Erkenntnisse.

Ihre

Prof. Dr. Katharina Krause

PRÄSIDENTIN DER PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG

VORWORT

Digitalisierung – neue Möglichkeiten für die Forschung

Von amorphen molekularen Materialien mit extremen nichtlinearen optischen Eigenschaften bis zur zeitaufgelösten Photoelektronenspektroskopie, vom Handschriftencensus bis zur Sprachtypologie und quantitativen Linguistik, von der Konfliktforschung bis zur synthetischen Mikrobiologie reicht das Spektrum der Forschung an der Philipps-Universität. So unterschiedlich die Gegenstände und Fragestellungen auch sein mögen, digitale Methoden und Werkzeuge sind aus der modernen Forschung nicht mehr wegzudenken. Viele der hier vorgestellten Forschungsverbünde beinhalten umfangreiche Digitalisierungsprojekte oder zeichnen sich durch die Erzeugung und Verarbeitung großer Mengen an Forschungsdaten aus. Die Philipps-Universität hat in den letzten Jahren zahlreiche Services rund um die Digitalisierung und das Management von Forschungsdaten aufgebaut und unterstützt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dabei, sich diesen Herausforderungen zu stellen.

Dabei führt die Digitalisierung in manchen Forschungsfeldern zu ganz neuen Qualifikationsanforderungen. So benötigt das Akademie-Projekt »Handschriftencensus« für den Aufbau einer Online-Plattform der handschriftlichen deutschsprachigen Texte des Mittelalters Spezialisten mit Kenntnissen in Mittelalter-Philologie und Informatik. Eine solche Kombination von Kompetenzen gibt es bislang kaum, was zu der Frage führt, wie Universitäten solche Anforderungen in der wissenschaftlichen Ausbildung künftig mitdenken können.

In vielen der Forschungsverbünde, die Sie in dieser Publikation kennenlernen, spielt Expertise aus der Informatik eine zentrale Rolle. Aus der Informatik kommen Lösungen, die den Verbänden neue Möglichkeiten für ihre Forschung eröffnen. Dazu gehören neben einem verbesserten Monitoring-System für die Klimaforschung sowie einer Biodiversitätsdatenbank auch der Einsatz künstlicher Intelligenz, um beispielsweise neue Kategorien psychischer und neurologischer Erkrankungen identifizieren zu können.



Foto: Rolf K. Wegst

Auch im jüngsten Marburger Forschungsverbund, dem »Merian Center for Advanced Studies in the Maghreb«, ist der Einsatz digitaler Methoden ein zentraler Aspekt, und der Aufbau einer digitalen Infrastruktur erlaubt eine effektive Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten. Das vom BMBF geförderte Zentrum ist eine der wichtigsten internationalen Kooperationen der Philipps-Universität. Es ist das Ergebnis von fast 15 Jahren herausragender Regionalforschung am Centrum für Nah- und Mitteloststudien, die nach dem Motto betrieben wird, nicht über die Akteure in der Region zu forschen, sondern gemeinsam mit ihnen. Diesem Ansatz folgend, befindet sich der Sitz des neuen Merian-Zentrums mitten in seinem Forschungsgebiet – in Tunis. Viel Freude beim Entdecken der vielfältigen Forschung in Marburg!

Ihr

Prof. Dr. Michael Bölker

VIZEPRÄSIDENT FÜR FORSCHUNG UND INTERNATIONALES

SICHERHEIT, ORDNUNG, KONFLIKT

Aus der Geschichte lernen: Politische Umbrüche und gesellschaftliche Konflikte entstehen nicht zufällig. Ihre Ursachen reichen weit in die Vergangenheit zurück. Die historischen Wurzeln von Entwicklungen zu erforschen ist wichtig, um aktuelle Ereignisse nachvollziehen zu können und die Zukunft zu gestalten. An der Philipps-Universität bilden die Themen Sicherheit, Ordnung, Konflikt einen interdisziplinären Schwerpunkt in der geistes- und sozialwissenschaftlichen Forschung. Marburger Forschungsteams analysieren die Umwälzungen in der arabischen Welt sowie die Suche nach Zukunftsentwürfen für diese Region. Wie das Streben nach Sicherheit und der Umgang mit Unsicherheit das politische Handeln seit der Antike bestimmt haben, ist das Thema eines Forschungsverbundes in Kooperation mit der Gießener Justus-Liebig-Universität. Die Marburger Konfliktforscherinnen und -forscher befassen sich unter anderem damit, wie gewaltsame Konflikte entstehen und welche Dynamik sie entwickeln. Ein wichtiges Forschungsfeld ist in diesem Zusammenhang die Transitional Justice – die juristische Aufarbeitung und Bemühungen um gesellschaftliche Aussöhnung nach dem Ende von Gewaltherrschaft und Kriegen.

SLAVERY | SCIENCE | SECURITY

Historical Studies in Grenada during
Age of Abolition



Source: Beatty Major, Captain Carst, or, Twenty Years of an African

Exhibition

Grenada National Museum
Young Street
St. George's

+1 473-440-3725

S
ITY

DFG

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

MANCHESTER CENTRE FOR GLOBAL HISTORY
MUNICH CENTRE FOR GLOBAL HISTORY



DYNAMIKEN VON KONFLIKTEN UND FRIEDENSPROZESSEN VERSTEHEN

Geteilte Vergangenheit – gemeinsame Zukunft?

Das Marburger Zentrum für Konfliktforschung beschäftigt sich unter anderem mit der Entstehung, Aufarbeitung und Überwindung gewaltsamer Konflikte. Im Vordergrund stehen dabei Fragen wie: Was sind Konfliktursachen? Welche Erfahrungen, Denkweisen, Ideologien oder Interessen prägen ihre Dynamik? Warum beteiligen sich Menschen an Gewalt? Wie gelingen Friedensprozesse so, dass sie nicht den Keim für neue Konflikte in sich tragen?

Als das Zentrum für Konfliktforschung im Jahr 2001 gegründet wurde, blickte die Philipps-Universität bereits auf fast 20 Jahre Lehre und Forschung in diesem Bereich zurück. An dem interdisziplinär aufgestellten Zentrum sind neben den Sozialwissenschaften, Erziehungswissenschaften und Rechtswissenschaften auch die Sozialpsychologie und Medienwissenschaften beteiligt. Die Forschungsprojekte am Zentrum befassen sich mit Friedensprozessen, Gewaltformen, der Aufarbeitung von Menschenrechtsverletzungen, mit internationalen Interventionen, Flucht und Migration, kritischer

Konfliktbearbeitung in Kolumbien

Ein Markenzeichen des Zentrums ist, dass Studierende eng in Forschungsprojekte eingebunden werden, zum Beispiel zum Friedensprozess in Kolumbien. Die Marburger Soziologin Prof. Dr. Anika Oettler hat zu diesem Thema das Projekt »Imaginando la Reconciliación« initiiert, in dem Studierende der Philipps-Universität untersuchten, wie die Wahrnehmung des gewaltsamen Konflikts in Kolumbien das Versöhnungsverständnis von kolumbianischen Studierenden prägt. »Wir verknüpfen damit Wissenschaft und Praxis und entwickeln Methoden der qualitativen Sozialforschung weiter. Davon profitieren alle, die am Zentrum forschen«, sagt Oettler.

Gewaltsame Konflikte haben in Kolumbien eine lange Geschichte. Seit den 1960er Jahren kämpfte die Guerillabewegung FARC gegen die Regierung. 2016 wurde ein Friedensvertrag geschlossen, der international als vorbildhaft gilt. Die FARC-Kämpfer gaben ihre Waffen ab und eine Sonderjustiz für den Frieden wurde eingerichtet. Der Vertrag zeigte Wege auf, wesentliche Konfliktursachen zu überwinden, vor allem die ungleiche Landverteilung, mangelnde politische Teilhabe großer Bevölkerungsteile und die Drogenwirtschaft. Doch die ambitionierten Ziele

Sicherheitsforschung, Mediation sowie mit Akteuren und Dynamiken sozialer Konflikte. Aspekte wie Geschlechterperspektiven, Normenwandel oder der Praxistransfer ziehen sich durch viele Projekte. Viele sind empirisch ausgerichtet. Sie erarbeiten Fallstudien zu Ländern wie Iran und Osttimor in Asien, Kenia, Kamerun, Togo, Senegal und Sierra Leone in Afrika, Nordirland, Deutschland, Rumänien, Georgien, Türkei und Kosovo in Europa, Kanada, Mexiko und Kolumbien in Nord- bzw. Südamerika sowie Marokko und Tunesien in Nordafrika.

des Vertrags werden nur schleppend umgesetzt. »Der Friedenaufbau ist ein schwieriger Prozess. Der größte Teil der kolumbianischen Bevölkerung hofft auf Überwindung der Gewalt und auf Versöhnung«, sagt Oettler. »Umstritten ist jedoch, was Versöhnung genau bedeutet. Die Menschen nehmen den Konflikt und den Friedensprozess je nach ihrer eigenen Betroffenheit unterschiedlich wahr.«

Die Studierenden analysierten das Friedensabkommen zwischen Regierung und FARC im Hinblick auf Versöhnungsbegriffe. Um einen Einblick in den derzeitigen öffentlichen Diskurs über den Friedensprozess zu bekommen, führten sie Gruppendiskussionen mit kolumbianischen Studierenden aus verschiedenen Universitäten des Landes. Als Impuls dienten Graffiti von Straßenkünstlerinnen und -künstlern aus Bogotá, um darüber zur Frage der Versöhnung in einem jahrzehntelangen Konflikt ins Gespräch zu kommen. Die Gespräche führten zu der Einschätzung, dass Versöhnung gelingen kann, wenn die Menschen in Kolumbien die Komplexität des Konfliktes anerkennen. Zum Beispiel ist die Frage, wer Täter oder Opfer war, oft nicht eindeutig zu beantworten. Die Studierenden sprachen sich außerdem für eine

Graffiti in Kolumbiens Hauptstadt Bogotá. Straßenkünstlerinnen und -künstler setzen sich mit dem Friedensprozess auseinander.



Erinnerungskultur als wichtigen Baustein für Versöhnung aus, da man nur so aus der Vergangenheit lernen könne. Die Ungleichheit in der kolumbianischen Gesellschaft sei kein grundsätzliches Hindernis für Versöhnung. Vielmehr komme es auf das Bewusstsein und Verhalten des Einzelnen an. Wichtig sei die Bereitschaft, sich in die Perspektive anderer hineinzusetzen. Die Studierenden schreiben den Medien eine zentrale Rolle im Friedensprozess zu. Sie hätten die Macht, den öffentlichen Diskurs zu fördern, könnten aber auch Meinungen manipulieren und so Konflikte anheizen. Insgesamt sehen sie den Friedensvertrag nicht als Abschluss, sondern als Beginn eines Weges mit vielen Herausforderungen.

Zum Selbstverständnis des Projektteams gehört es, die Forschungsergebnisse mit den Beteiligten in Kolumbien zu reflektieren. Anika Oettler erklärt den Grund: »Unser Ansatz ist, die eigene Forschungspraxis kritisch zu hinterfragen und darauf zu achten, dass wir nicht über die Menschen des globalen Südens forschen, sondern mit

ihnen.« Das gilt auch für das aktuelle Forschungsprojekt »Diálogo y Conflicto«, das im Kontext des kolumbianischen Friedensprozesses zusammen mit der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit und der Friedrich-Ebert-Stiftung durchgeführt wird. »Vor dem Hintergrund des aktuellen Protestgeschehens ist die Frage der dialogischen Konfliktbearbeitung wichtiger denn je«, betont Oettler. Sie ist in Kolumbien auch als Beraterin gefragt. Seit Ende 2018 begleitet sie die Arbeit der Wahrheitskommission wissenschaftlich. Ein besonderes Augenmerk legt sie auf die Aufarbeitung der Gewalt gegen Frauen sowie Homosexuelle und Transgender-Personen. Dieses Forschungsinteresse verbindet sie mit der Politologin Prof. Dr. Susanne Buckley-Zistel, die am Zentrum zum Umgang von Wahrheitskommissionen mit geschlechtsspezifischer Gewalt forscht.

Aufarbeitung von Gewalt gegen Frauen

Transitional Justice ist ein Forschungsschwerpunkt von Buckley-Zistel. Unter dem Begriff versteht man ein breites Spektrum an Instrumenten zur Aufarbeitung von Menschenrechtsverbrechen mit dem Ziel, Tätern und Opfern Gerechtigkeit widerfahren zu lassen sowie den Übergang zu einem friedlichen Zusammenleben zu unterstützen. In diesem Forschungsfeld arbeitet das Zen-



Liberia: Ehemalige Kämpferinnen im Bürgerkrieg lernen Nähen. Viele von ihnen waren sexueller Gewalt durch Soldaten ausgesetzt.

trum für Konfliktforschung eng mit anderen Zentren der Philipps-Universität zusammen: mit dem Internationalen Forschungs- und Dokumentationszentrum für Kriegsverbrecherprozesse (ICWC) und dem Centrum für Nah- und Mitteloststudien. In dem DFG-Projekt »Anerkennung von sexualisierter Gewalt in Wahrheitskommissionen« haben Buckley-Zistel und Dr. Anne Menzel in der ersten Projektphase untersucht, wie sexualisierte Gewalt in den Diskursen von Wahrheitskommissionen vorkommt und welche Opferrollen Frauen zugeschrieben werden.

Gewalt gegen Frauen ist seit einigen Jahren fester Bestandteil in allen Transitional-Justice-Prozessen – so auch in den vom Forschungsteam untersuchten Fällen Sierra Leone und Kenia. Diese afrikanischen Länder haben im Verlauf der letzten zehn Jahre die Abschlussberichte ihrer Wahrheitskommissionen veröffentlicht. »Wahrheitskommissionen suchen einen eigenen Weg, die Vergangenheit zu verstehen«, sagt Buckley-Zistel. Die Berichte aus den Ländern nutzen die gleichen Narrative, um zu erklären, warum Frauen Gewalt widerfahren ist. Sexualisierte Gewalt diene in gewaltsam ausgetragenen Konflikten häufig als Mechanismus zur Erniedrigung von Frauen.

»Frauen werden vor allem aufgrund ihrer Rolle in einer Gesellschaft zur Zielscheibe von Sexualverbrechen. Gewalt dient dazu, soziale Kontrollansprüche zu festigen«, erläutert Buckley-Zistel. »Um solche Verbrechen zu verhindern, müssten sich die gesellschaftlichen Rollenverständnisse

und Machtverhältnisse zwischen Männern und Frauen grundlegend ändern.« In der zweiten Projektphase erforscht das Team deshalb, inwieweit die Aufarbeitung der Gewalt gegen Frauen in den untersuchten Ländern zu einer größeren Geschlechtergerechtigkeit geführt hat.

Obwohl es eine große Errungenschaft ist, dass Gewalt gegen Frauen in Wahrheitskommissionen beachtet wird, ist die Anerkennung der Frauen als Opfer ein zweischneidiges Schwert: »Diese kann Formen annehmen, die die schwache gesellschaftliche Position von Frauen festigt«, gibt Buckley-Zistel zu bedenken. Frauen seien nicht nur passive Opfer, sondern auch politisch Handelnde oder in manchen Fällen Täterinnen. »So hob die Wahrheitskommission in Liberia die Notlage von Frauen als Opfer gewaltsamer Angriffe hervor und ignorierte, dass bis zu ein Drittel der kriegführenden Truppen aus Frauen bestanden«, berichtet Buckley-Zistel.

Das Projektteam hat die Texte der Wahrheitskommissionen sowie offizielle Äußerungen von Beteiligten im Hinblick auf vorherrschende Erzählungen, Deutungen und Motive hin untersucht. Interviews und Befragungen in Sierra Leone und Kenia dienten dazu, die Arbeit der Kommission vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Strömungen zu verstehen. Gespräche mit Frauen führten auch zu Fragen der Forschungsethik. »Wir beschäftigen uns mit prekären Situationen. Schließlich gilt sexuelle Gewalt in vielen Gesellschaften – auch in unserer – als Stigma. Da stellt sich die Frage, warum uns Gewaltopfer ihre Geschichte erzählen sollten«, sagt Buckley-Zistel. »Unsere Erfahrung ist jedoch, dass die Frauen oft auch dankbar sind, dass sich jemand für ihre Geschichte interessiert.«

Transitional-Justice-Forschung ist in Marburg kritisch ausgerichtet: »Wir sehen die Prozesse skeptisch. Die Gleichung, dass die Aufarbeitung der Vergangenheit zu Frieden, Versöhnung und einem besseren Leben führt, geht nicht auf«, sagt Buckley-Zistel. Es müssten die Normen hinter der Aufarbeitung hinterfragt werden. Diese seien nicht immer einlösbar. Aufarbeitung könne auch Konflikte aufwühlen und zu neuen Problemen in der Gesellschaft führen. Die Vorstellung von Gerechtigkeit im Sinne einer Bestrafung von Taten sei ein westliches Konzept. Es stehe häufig im Spannungsverhältnis zu einer restaurativen Gerechtigkeit, bei der es eher um die Wiederherstellung der sozialen Beziehungen zwischen den Konfliktparteien geht. Im kommenden Jahr werden weitere Spannungen bei der Umsetzung von Transitional Justice in einem von dem Marburger Soziologen Prof. Dr. Thorsten Bonacker geleiteten DFG-Forschungsprojekt zur Entschädigung von Opfern analysiert.



Killing Fields von Choeung Ek. Die Hinrichtungsstätte 15 km südwestlich von Phnom Penh ist heute Gedenkstätte für die Opfer der Roten Khmer.

Warum sich Menschen an Völkermorden beteiligen

In Wahrheitskommissionen stehen die Opfer und die von ihnen erlittene Gewalt im Vordergrund. Die Völkermordforschung befasst sich verstärkt auch mit den Tätern und der Frage, wie es möglich ist, dass sich Menschen an Massengewalt beteiligen. Dazu hat der Konfliktforscher Prof. Dr. Timothy Williams, der bis 2019 in Marburg forschte und inzwischen in München eine Juniorprofessur angetreten hat, das Erklärungsmodell »Komplexität des Bösen« entwickelt. Williams betrachtet Täterschaft aus einem bestimmten Blickwinkel. Er konzentriert sich nicht auf die Täter als Personen, sondern auf ihre Handlungen: »Das ist ein Unterschied, denn Täter können verschiedene Rollen einnehmen. Sie sind teilweise auch Opfer, Mitläufer oder Retter.«

Für die Beteiligung an Völkermorden hält Williams drei Faktoren für ausschlaggebend, die sich gegenseitig beeinflussen und auch verändern können. Der wichtigste Faktor ist die Motivation, die den Impuls zum Handeln gibt. Je nach Situation und Umfeld versprechen sich die Menschen die Erfüllung ihrer Bedürfnisse. Eine große Rolle spielt auch die Gruppe, zu der sich Menschen zugehörig fühlen. Das kann eine Partei sein, zum Beispiel die Kommunistische Partei der Roten Khmer in Kambodscha oder eine ethnische Gruppe wie die Hutu in Ruanda. Diese Gruppen üben Druck auf den Einzelnen aus, sodass zum Beispiel die Gefahr, ausgeschlossen zu werden, zur Beteiligung an Gewalttaten motivieren kann. Menschen können zudem eine ganz opportunistische Motivation haben, beispielsweise, um sich materiell zu bereichern oder befördert zu werden. Darüber hinaus gibt es Faktoren, die die Beteiligung an einem Völkermord erleichtern. Dazu gehören Ideologien, die Gewalt moralisch rechtfertigen oder Menschen abwerten. Ein erleichternder Faktor ist auch die Möglichkeit, sich als anonymes Mitglied einer



Als dieser Kambodschaner erst zehn Jahre alt war, nahmen die Roten Khmer seine Heimatregion ein. Nach einigen Posten in zivilen und militärischen Einheiten wurde er mit 16 Jahren in ein Sicherheitszentrum verlegt. Aufgrund seiner ausgezeichneten Leistung als Wächter wurde er zum Leibwächter und Bote des Gefängnischefs befördert und übermittelte in dieser Rolle Befehle des Gefängnischefs an Milizen zur Untersuchung und Verhaftung vieler Menschen.

Foto: Daniel Welschenbach (aus der Ausstellung »Entering the Tiger Zone« von Timothy Williams und Daniel Welschenbach)



Rote Khmer: Als Chefin einer weiblichen Mobileinheit war diese Kambodschanerin (Jahrgang 1953) für rund 100 Arbeiterinnen beim Deichbau verantwortlich. Es oblag teilweise ihrem Urteil zu entscheiden, ob diese Frauen hart genug arbeiteten und wer in ihrer Mannschaft möglicherweise zu den internen Feinden gehören könnte.

Foto: Daniel Welschenbach (aus der Ausstellung »Entering the Tiger Zone« von Timothy Williams und Daniel Welschenbach)

Gruppe zu betrachten und persönliche Verantwortung abzugeben. Außerdem können gesellschaftliche Bedingungen die Bereitschaft zu Gewalt erhöhen. So sind Staaten mit instabilen Verhältnissen anfälliger für Völkermorde, unter anderem, weil Gruppen darin eine Chance sehen können, Machtverhältnisse zu ihren Gunsten zu verändern.

»Das Modell ermöglicht über den Einzelfall hinaus, Interessen und psychologische Prozesse zu verstehen, die zur Beteiligung an Völkermorden geführt haben, und die dahinterliegenden Dynamiken zu vergleichen«, erklärt Williams. Er nutzt das Modell beispielsweise für seine Forschung in Kambodscha. Dort interviewte er niedrigrangige Rote Khmer, die zwischen 1975 und 1979 am Massenmord gegen die eigene Bevölkerung beteiligt waren. Sie erzählten ihre Lebensgeschichte und schilderten ihren Alltag während des Pol-Pot-Regimes. »Aus den Erzählungen lässt sich darauf schließen, dass die Interviewten an Gewalttaten beteiligt waren, doch sie selbst sehen sich nicht als Täter«, berichtet Williams. Sie wiesen persönliche Verantwortung weitgehend zurück und betonten, dass sie selbst Opfer gewesen seien. »Diese Sichtweise ist wichtig für ihre intakte Selbstwahrnehmung«, sagt Williams. Verantwortlich für die Gewalt in Kambodscha waren aus Sicht der ehemaligen Rote-Khmer-Mitglieder die führenden Kader der kommunistischen Partei. Diesen waren sie zu striktem Gehorsam verpflichtet. Jede Andeutung von Protest konnte sie das Leben kosten. Die Interviewten betrachteten sich deshalb als Marionetten des Regimes, ohne die Möglichkeit, selbstbestimmt zu handeln. Dennoch berichteten sie auch davon, wie sie kleine Spielräume nutzten, um Menschen zu helfen und sie zum Beispiel vor einer Verhaftung zu schützen.

Die Wahrnehmung, dass nahezu die gesamte Bevölkerung, einschließlich der niedrigen und mittleren Rote-Khmer-Kader, Opfer des Regimes war, ist in der kambodschanischen Gesellschaft breit anerkannt. Vor dem Tribunal wurden nur wenige hochrangige Rote-Khmer-Führer angeklagt. Williams betrachtet diese Entwicklung kritisch: »Das Narrativ vom universalen Opferstatus erleichtert zwar den Versöhnungsprozess, doch es birgt Gefahren für die Zukunft. Für den Fall, dass es erneut zu Gewalt kommen sollte, werden die Menschen wahrscheinlich kaum protestieren und sich nicht für ihr Handeln verantwortlich fühlen.«

Die Verflechtung der Täter- und Opferrollen ist in Kambodscha besonders eng, aber auch in den anderen hier vorgestellten Projekten des Zentrums ein Thema. Es zeigt beispielhaft, wie komplex die Aufarbeitung gewaltsamer Konflikte ist. Am Zentrum für Konfliktforschung bestehen gute Voraussetzungen, um dieser Komplexität gerecht zu werden – durch die Zusammenarbeit der Fachdisziplinen, aber auch methodisch durch die Verknüpfung von lokaler Feldforschung, vergleichender Analysen und der theoretischen Reflexion der Beobachtungen. ■

PROFIL

Projekte:
Imaginando la Reconciliación (2017–2018)
Diálogo y Conflicto (2019–2020)
Prof. Dr. Anika Oettler

Anerkennung von sexualisierter Gewalt in
Wahrheitskommissionen (2015–2020)
Prof. Dr. Susanne Buckley-Zistel

Die Komplexität des Bösen. Modellierung von
Täterschaft im Völkermord (2012–2017)
Prof. Dr. Timothy Williams

Zentrum für Konfliktforschung
Leitung: Prof. Dr. Susanne Buckley-Zistel,
Prof. Dr. Thorsten Bonacker

Gründung: 2001

WEITERE INFORMATIONEN

www.uni-marburg.de/de/konfliktforschung



ARABISCHE WELT IM UMBRUCH

Gärtnern als politischer Kommentar

Von den Hoffnungen des Arabischen Frühlings auf Demokratie und ein besseres Leben ist wenig übriggeblieben. Doch die politischen und gesellschaftlichen Veränderungen im Nahen und Mittleren Osten wirken nach – zum Beispiel in der Alltagskultur, im Verhältnis zwischen den Generationen und in der Vergangenheitsaufarbeitung. Ein Marburger Forschungsnetzwerk analysierte die historischen Wurzeln der Umwälzungen und die Suche nach Zukunftsentwürfen für die Region.

Die Umbrüche im Zuge des Arabischen Frühlings haben die Krise der arabischen Nationalstaaten offenbart, aber keine schnellen Lösungen hervorgebracht. Das war aus Sicht des Politikwissenschaftlers Prof. Dr. Rachid Ouaisa absehbar: »Schon zu Beginn der Umwälzungen waren wir im Marburger Centrum für Nah- und Mitteloststudien der Meinung, dass ein Übergang in Richtung demokratischer Systeme nicht direkt zu erwarten ist.« Der gebürtige Algerier leitete an der Philipps-Universität Marburg das Forschungsnetzwerk »Re-Konfigurationen«, das sich mit den strukturellen und historischen Entwicklungen befasste, die zu dem Wandel in der Region »Middle East and North Africa« (MENA) geführt haben. Das Netzwerk wurde von 2013 bis 2019 vom Bundesforschungsministerium gefördert. Es bündelte die Regionalkompetenz in Marburg mit den Disziplinen Politikwissenschaft, Arabische Kultur und Literatur, Islamwissenschaft, Friedens- und Konfliktforschung, Soziologie, Geschichte, vergleichende Kulturforschung, Jura, Medienwissenschaften und Religionswissenschaften.

Ausgehend von Tunesien waren 2011 in Ägypten, Libyen, Jordanien, Marokko, Syrien, im Jemen und in den Golfstaaten Protestbewegungen entstanden. Innerhalb kurzer Zeit wurden Diktaturen gestürzt. »Die Umbrüche sind der ergebnisoffene Beginn einer neuen Phase in der Geschichte der Region«, betont Ouaisa. Das Netzwerk stellte dementsprechend einen Begriff des Soziologen Norbert Elias in den Mittelpunkt: Re-Konfigurationen. Der Begriff drückt aus, dass Veränderungen im Gange sind, deren Ausgang ungewiss ist und die zum Beispiel auch zu einer Restauration führen könnten.

Akteure des Wandels im Fokus

Die Gründe für die Ereignisse in der MENA-Region reichen weit in die Vergangenheit zurück. Das Forschungsnetzwerk befasste sich daher mit den historischen Wurzeln der jüngsten Entwicklungen. Dabei betrachteten die Wis-

senschaftlerinnen und Wissenschaftler – im Sinne einer Geschichte von unten – besonders die gesellschaftlichen Akteure, die die Aufstände von 2011 getragen haben. »Es gab auch unter autoritären Bedingungen eine vielfältige gesellschaftliche Entwicklung unterhalb der staatlichen Ebene, zum Beispiel Arbeitskämpfe, Jugendproteste, Widerstand im Alltag oder die Herausbildung autonomer sozialer und kultureller Räume«, sagt Ouaisa.

Durch den Arabischen Frühling wurde deutlich, dass Narrative und Ideologien wie der Panarabismus, Sozialismus oder Islamismus und der diesen Strömungen gemeinsame anti-koloniale Habitus nicht mehr als Herrschaftslegitimation funktionierten. Sie verloren ihre Kraft als einigendes Band für die sprachlich, ethnisch und kulturell vielfältige Bevölkerung der MENA-Region. Das Forschungsteam beobachtete, wie zivilgesellschaftliche Akteure die offiziellen Erinnerungskulturen infrage stellten und ihre eigenen Sichtweisen einbrachten. Als Ausdrucksmittel nutzten sie zum Beispiel die bildende Kunst, das Theater, Literatur, Film und Karikaturen.

Zum Neuanfang gehört auch die Vergangenheitsaufarbeitung. Wichtige Schritte auf diesem Weg sind Prozesse der Transitional Justice – mit einer juristischen Aufarbeitung und gesellschaftlichen Aussöhnung nach dem Ende von Gewaltherrschaft und Bürgerkrieg. In der MENA-Region haben Tunesien, Ägypten und Libyen sowie Marokko und der Irak Erfahrungen auf diesem Gebiet gesammelt. »Angesichts der durchwachsenen Erfahrungen mit Transitional Justice wollten wir die diesem Konzept zugrundeliegenden Werte und die Wirksamkeit der Aufarbeitungsprozesse für einen dauerhaften Frieden kritisch überprüfen«, sagt Ouaisa. »In diesem Themenfeld arbeiten wir in Marburg mit dem Zentrum für Konfliktforschung und dem Forschungs- und Dokumentationszentrum für Kriegsverbrecherprozesse zusammen.«



Foto: Friederike Pannewick

Graffiti reflektieren gesellschaftliche Veränderungen in der arabischen Welt.

Die Länder in der MENA-Region beeinflussen sich gegenseitig, was zum Beispiel durch den Domino-Effekt deutlich wurde, den die tunesischen Proteste in den Nachbarländern auslösten. Aber auch länderübergreifende Verflechtungen prägen die Region. Unter anderem haben Forscherinnen und Forscher die Rolle der marokkanischen Hafenstadt Tanger als wirtschaftlicher Knotenpunkt zwischen Europa und Afrika untersucht. Das Netzwerk befasste sich außerdem mit den in Europa lebenden Migranten und Geflüchteten, die als Grenzgänger zwischen den Kulturen die Entwicklung der Region mitgestalten.

Um die Veränderungen zu verstehen, nutzt das Forschungsteam die Kategorien Raum, Generation und Repräsentation. »Wir betrachten die Länder der MENA-Region nicht als Räume im Sinne von festgefühten

Territorien«, erklärt Ouaisa. »Vielmehr interessieren uns die Kämpfe der Akteure um politischen, wirtschaftlichen und kulturellen Raum.« Da der Arabische Frühling als Ergebnis der Proteste von Jugendlichen betrachtet wird, untersuchten die Forscherinnen und Forscher auch, welche gemeinsamen Erfahrungen dem Engagement dieser Generation zugrunde liegen und wie sie ihre politischen Zukunftsprojekte von denen älterer Generationen abgrenzen. Außerdem wurde analysiert, wie Akteure über Worte, Symbole, Bilder, Erzählungen oder Kunst Bedeutung herstellen. Die Forscherinnen und Forscher bezeichnen dies als Repräsentationen, die sie auch im Alltag beobachteten. »In der Art und Weise, wie Menschen sich kleiden, essen, wohnen, Musik und Film konsumieren, werden Normen, Werte und Regeln neu verhandelt und Re-Konfigurationen ständig kommentiert«, erklärt Ouaisa.



Irak: In Erbil, der Hauptstadt der autonomen Region Kurdistan, schießen Hoch- und Geschäftshäuser wie Pilze aus dem Boden.

Foto: Ryan Koopmans www.ryankoopmans.com / Getty Images



Junge Lehrerinnen und Lehrer demonstrieren in Rabat für feste Arbeitsverträge im staatlichen Bildungssystem.

Foto: AFP via Getty Images

Gegenbewegung zum Dubai-Modell

Eines der Forschungsprojekte im Netzwerk Re-Konfigurationen befasste sich mit Kurdistan in Nordirak. Die Region entwickelt sich seit 2003 zu einem Zentrum internationaler Kapitalinvestitionen. Es entstanden Einkaufszentren, abgeschlossene Wohngebiete, Vergnügungsparks sowie Büro- und Hoteltürme. Die kurdische Regierung vermarktet ihren Quasi-Staat als »den anderen Irak« oder »das kurdische Dubai«, deren herausragende Eigenschaften Demokratiefähigkeit und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit seien. Dieses Bild ergänzt bisherige Narrative, in deren Mittelpunkt Heldentum und Genozid stehen. Dr. Andrea Fischer-Tahir erforschte, wie diese Re-Konfigurationen im Alltagsleben gedeutet und gestaltet werden. Sie stellte fest, dass neben den ehrgeizigen Bauprojekten auch alternative Projekte Raum finden, zum Beispiel Stadtteilmuseen, Cafés und Kunst- und Kultureinrichtungen. »Solche Projekte stellen Gegenbewegungen zu der oft als Größenwahn wahrgenommenen Stadtentwicklung dar«, erklärt Fischer-Tahir. »Überrascht war ich jedoch, als ich eine Welle von Kleingärtnereien außerhalb der großen Städte und sogar eine Wiederbelebung der Kleintierhaltung im urbanen Bereich entdeckte.«

Menschen mit verschiedensten Berufen und aus allen Generationen beschäftigen sich mit Gärtnern als einer Form der kulturellen Repräsentation. »So unterschiedlich die Akteure sind, zeigte sich doch, dass sie die gesellschaftlichen Verhältnisse und das eigene Handeln auf eine ähnliche Weise interpretieren«, sagt Fischer-Tahir. Der Anbau von Obst und Gemüse und die Haltung von Hühnern drückt das Bedürfnis nach gesunden Lebensmitteln aus. »Gleichzeitig ist es eine Kritik an der Abhängigkeit der Kurdistan-Region von Lebensmittelimporten sowie an der gesellschaftlichen Entwicklung, die als Entfremdung von kurdischen Traditionen wahrgenommen wird«, erklärt die Wissenschaftlerin. Gärtnern ist für die Menschen eine Form der Wiederaneignung von Natur und ein Kommentar zur Identität der Kurden. Gleichzeitig sind die Aktivitäten ein Versuch, sich in einem Bereich des Lebens der ständigen politischen Krise und dem andauernden Kriegszustand zu entziehen. »Die Diskurse um Gesundheit und organische Lebensmittel sind mit den Diskursen um die kurdische Identität, um das kulturelle Erbe und die Zukunft der Nation verschränkt«, sagt Fischer-Tahir.

Prekäre Generation in Aufruhr

In einem weiteren Projekt verglich Dr. Christoph Schwarz Protestbewegungen in Marokko und Spanien – zwei Staaten, die in ihren Regionen lange als Modelle für einen friedlichen Übergang von einer Diktatur zur Demokratie durch Reformen von oben galten. Schwarz befasste sich mit der Generation der Jugendlichen, die in beiden Ländern unter Perspektivlosigkeit leiden und ab 2011 für ein Recht auf Arbeit und Einkommen protestierten. Anhand von biographischen Interviews untersuchte Schwarz, wie die Aktivistinnen und Aktivisten zu ihrem politischen Engagement kamen und wie sie zu den Erfahrungen der älteren Generationen stehen.

»Viele junge Aktivisten im Marokkanischen Frühling mussten Konflikte mit ihren Eltern ausfechten. Diese befürchteten, dass die Demonstrationen in Aufstände münden und mit einer ähnlich gewalttätigen Repression beantwortet würden wie zu Zeiten von König Hassan II., unter dem sie selbst aufgewachsen waren«, berichtet Schwarz. Trotz einer gewissen politischen Öffnung unter König Mohamed VI. ist es auch heute verboten, den König zu kritisieren. Doch die Jugendlichen ließen sich weder durch Warnungen ihrer Eltern noch von drohender Repression einschüchtern. Ihnen gelang es, die marokkanische Opposition über Ideologien und Altersgrenzen hinweg zu vereinen und die größten Demonstrationen

seit der Unabhängigkeit zu mobilisieren. »Strukturell hat sich durch diese Proteste, die vor allem von der jungen Generation begonnen wurden, wenig verändert. Doch die Grenzen des öffentlich Sagbaren haben sich durch diese Erfahrungen erweitert«, stellt Schwarz fest. Diese Errungenschaft ist erneut in Gefahr. Proteste der Menschen im marokkanischen Rif, einer von der Regierung vernachlässigten ländlichen Region, werden wieder mit Gewalt unterdrückt.

Auch in Spanien kam es im Zuge der Proteste ab 2011 zu einem überraschenden Bündnis zwischen den Generationen. Viele Jugendliche aus der Bewegung der Indignados (Empörte) berichteten Schwarz, dass sie mit ihren Eltern, die während des Übergangs zur Demokratie aufgewachsen waren, und die sie oft als politisch desinteressiert beschrieben, kaum über Politik diskutieren konnten, mit ihren Großeltern, die unter der Franco-Diktatur aufgewachsen waren, hingegen schon. »So entstand in Spanien eine Großelternbewegung, die laioflautas, die vor dem Hintergrund eigener Erfahrungen mit einem autoritären Regime gegen die Prekarisierung der jungen Generation im Zuge der Austeritätspolitik protestierten«, berichtet Schwarz.



Foto: Yassine Gaidi/Anadolu Agency/Getty Images

RINGEN UM DEMOKRATIE

Dr. Mariam Salehi vom Zentrum für Konfliktforschung befasste sich im Rahmen des Netzwerks Re-Konfigurationen mit der Vergangenheitsaufarbeitung in Tunesien. Nach dem Sturz des Ben Ali-Regimes 2011 begann ein, auch mit internationaler Unterstützung geplanter Prozess der Transitional Justice, dessen zentrale Institution die Wahrheitskommission war. Deren Mandat umfasste nicht nur die Herrschaftszeit von Ben Ali, sondern auch von dessen Vorgänger Bourguiba, der Tunesien 1956 in die Unabhängigkeit geführt hatte. Das ambitionierte Vorhaben ging mit dem Versprechen einher, die Wahrheit über Gräueltaten autoritärer Herrschaft aufzudecken, Täter zur Rechenschaft zu ziehen, Opfer zu entschädigen und dafür zu sorgen, dass sich die Verbrechen nicht wiederholen.

»Vergangenheitsaufarbeitung ist immer von Interessen und Wertekonflikten geprägt«, sagt Salehi. »Daher konnte der sorgfältig geplante Prozess nicht so einfach Schritt für Schritt umgesetzt werden.« Transitional Justice galt als wichtiges Projekt der gemäßigt islamistischen Ennahda-Partei, die die ersten freien Wahlen 2011 gewonnen hatte. In ihrer Wählerwahl sind viele Opfer von Menschenrechtsverletzungen sowie gesellschaftlich und wirtschaftlich Benachteiligte. Aus den Wahlen 2014 ging dann aber die Partei Nidaa Tounes als Siegerin hervor, die viele

Mitglieder des alten Regimes in ihren Reihen hat. »Mit dem Machtwechsel verlor der Aufarbeitungsprozess an politischer Priorität, die Wahrheitskommission war den neuen Machthabern ein Dorn im Auge und es wurde versucht, ihre Arbeit zu torpedieren«, stellt Salehi fest.

Insgesamt zieht die Wissenschaftlerin eine gemischte Bilanz des bisherigen tunesischen Transitional-Justice-Prozesses. »Die Wahrheitskommission hat die Wahrheitsfindung entscheidend vorangetrieben und die Verbrechen des alten Regimes einer großen Öffentlichkeit vor Augen geführt. Für manche Opfer wird die Anerkennung ihrer Verletzungen symbolisch wichtig sein, anderen könnte die Entschädigung ein wenig weiterhelfen«, meint Salehi. Im Hinblick auf die Zukunft habe die Kommission ihr Mandat jedoch kaum erfüllt. »Die Gewaltstrukturen wurden offengelegt, aber sie müssten auch demontiert werden, um zu verhindern, dass Akteure des alten Regimes wieder an Macht gewinnen und sich Gräueltaten wiederholen.« Wichtig sei, die Empfehlungen des Ende 2018 vorgelegten Berichts der Wahrheitskommission weiterzuverfolgen, damit die Aufarbeitung der Vergangenheit zu nachhaltigen strukturellen Veränderungen in Tunesien beitragen könne.

Initiativen vor Ort fördern

Das Netzwerk Re-Konfigurationen gab in der abschließenden Phase des Projekts die gewonnenen Erkenntnisse an Akteure in der MENA-Region weiter und förderte deren Engagement. So unterstützte das Netzwerk beispielsweise die Forschungsstelle kulturelles Erbe an der Universität La Manouba bei der Konzeption eines jüdischen Museums mit angegliedertem Studienzentrum in Tunis. Die Eröffnung ist für 2020 geplant. »Die Initiative stärkt das Bewusstsein für die Vielfalt und für Minderheiten in der tunesischen Gesellschaft und damit auch die Demokratisierung«, erklärt Netzwerk-Sprecher Ouaisa. Außerdem engagierte sich das Netzwerk für die laufende Bildungsreform. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler veranstalteten unter anderem eine Tagung in Tunesien, die sich mit beruflichen Perspektiven der Jugendlichen und mit der Entwicklung eines Berufsbildungssystems befasste. ■

PROFIL

Projekt:
Forschungsnetzwerk Re-Konfigurationen
(BMBF-Förderung)

Sprecher:
Prof. Dr. Rachid Ouaisa

Beteiligte:
Centrum für Nah- und Mitteloststudien, Zentrum für Konfliktforschung, Forschungs- und Dokumentationszentrum für Kriegsverbrecherprozesse, Fachgebiet Neueste Geschichte, Institut für Medienwissenschaft, Institut für neuere deutsche Literatur, Institut für Sozialanthropologie und Religionswissenschaft, Institut für Politikwissenschaft, Institut für Soziologie, Zentrum für Gender Studies und feministische Zukunftsforschung, Institut für Romanische Philologie, Institut für Anglistik und Amerikanistik, Zentrum für interdisziplinäre Religionsforschung sowie 13 Partnerinstitutionen im In- und Ausland

Laufzeit:
2013–2019

WEITERE INFORMATIONEN

www.uni-marburg.de/de/cnms/forschung/re-konfigurationen

HISTORISCHE SICHERHEITSFORSCHUNG

Suche nach Sicherheit in unsicheren Zeiten

Nachrichten über Terroranschläge, Bürgerkriege oder Epidemien verstärken den Eindruck, dass die Welt immer unsicherer wird. Doch stimmt das überhaupt, gerade im Vergleich zu anderen Epochen? Die historische Perspektive entlastet, wenn es darum geht, aktuelle Ereignisse zu bewerten, sagen Marburger und Gießener Forschungsteams. Sie untersuchen, was Menschen von der Antike bis zur Gegenwart unter Sicherheit verstanden haben und was daraus für das politische Handeln folgte.

2015 luden der damalige Außenminister Frank-Walter Steinmeier und die Körber-Stiftung den Marburger Historiker Prof. Dr. Christoph Kampmann sowie weitere Personen aus Wissenschaft und Diplomatie zu Syrien-Friedensgesprächen ein. Das Motto lautete: »Westphalia for the Middle East« und zielte auf die Frage, ob man aus dem Westfälischen Frieden von 1648, der den Dreißigjährigen Krieg beendet hatte, etwas für die Gegenwart lernen kann. Kampmann ist Experte für die Frühe Neuzeit und einer der Sprecher des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereichs »Dynamiken der Sicherheit«, in dem seit 2014 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Marburg und Gießen erforschen, was Menschen in verschiedenen Epochen unter Sicherheit verstanden haben und welche politischen Dynamiken sich daraus ergaben. »Wir betreiben im Wesentlichen Grundlagenforschung«, sagt Kampmann. »Doch wir schätzen es auch, als Historiker zu aktuellen Themen gefragt zu werden.«

Der Westfälische Friede ist aus der Sicht von Kampmann ein gutes Beispiel dafür, wie man historische Erfahrungen für die Gegenwart nutzen kann. Merkmale des Dreißigjährigen Krieges – Verflechtung verschiedener Konflikte, Beteiligung zahlreicher Akteure, Einmischung externer Großmächte – finden sich auch im Syrienkonflikt wieder. »Die Antworten, die im Westfälischen Frieden gefunden wurden, lassen sich selbstverständlich nicht eins zu eins auf heutige Konflikte übertragen«, betont Kampmann. »Es geht darum, die damaligen Techniken und Instrumentarien der Diplomatie in die Friedensgespräche einzubringen.« Aus den Friedensverhandlungen von 1645 bis 1648 könne man unter anderem lernen, dass bei schwierigen Konflikten die Bereitschaft wichtig sei, neue Wege zu gehen und überhaupt mit Gesprächen zu beginnen.

Sicherheit statt Frieden?

Heute ist Sicherheit ein Schlüsselbegriff in der Politik sowie in nahezu allen Lebensbereichen – Internet, Wirt-

schaft, Umwelt, Straßenverkehr, Architektur, Gesundheit oder Migration – und hat den Begriff Frieden als Leitthema abgelöst. »Frieden hat einen utopischen Charakter. Sicherheit scheint ein konkreterer, begrenzterer Begriff zu sein, der sich auf viele Bereiche anwenden lässt«, sagt Eckart Conze, Professor für Neueste Geschichte in Marburg, stellvertretender Sprecher des Forschungsverbundes und einer der Begründer der Historischen Sicherheitsforschung in Deutschland. Was ist Sicherheit überhaupt? »Unter Sicherheit versteht man ganz allgemein die Abwesenheit von Furcht, Gefahr und Bedrohung. Doch je nach Kontext wird Sicherheit unterschiedlich wahrgenommen«, sagt Dr. Angela Marciniak, wissenschaftliche Koordinatorin des Verbundes. »Im 18. Jahrhundert herrschte die Vorstellung, dass Sicherheit vollständig hergestellt werden kann«, erklärt die Expertin für politische Theorie und Ideengeschichte. »Das ist heute anders. Unsicherheit ist zum Normalzustand geworden. Es geht vor allem darum, wie oder ob wir sie in den Griff bekommen.«

Verständnis von Sicherheit wandelt sich

»Wir gehen davon aus, dass Sicherheit ein gesellschaftliches Konstrukt ist, das sich im historischen Prozess dynamisch entwickelt und immer wieder Gegenstand von politischen Auseinandersetzungen und rivalisierenden Interessen ist«, sagt Kampmann. Diese Dynamik erfassen die Forschungsteams aus den Fachgebieten Geschichte, Sozialwissenschaften, Jura und Kunstgeschichte unter den Begriffen »Versicherlichung« und »Entsicherlichung« – in Anlehnung an die in den Politikwissenschaften bedeutende »Copenhagen School«. Demnach geht es nicht um die reale Existenz von Bedrohungen, sondern darum, wie über ein Thema kommuniziert wird und ob sich die Überzeugung durchsetzt, dass etwas sicherheitsrelevant ist oder nicht. Um die Dimensionen von Sicherheit und Sicherheitspolitik in der Geschichte zu verstehen, befasst sich der Verbund in 19 Teilprojekten mit der Zeit von der Antike bis zur Gegenwart.

DYNASTISCHE ERBfolge ALS UNSICHERHEIT

In einem Projekt werden die dynastischen Eheverträge untersucht, die in der frühen Neuzeit wichtige Vertragswerke zur Absicherung der Macht von Herrscherhäusern waren. Ein Forschungsteam will herausfinden, wie sich diese Eheverträge auf Krieg und Frieden in Europa auswirkten. Waren die Eheverträge mit ihren Regelungen zu Fragen der Rangerhöhung von Fürsten oder der territorialen Expansion die Ursache von Kriegen? Oder förderten sie einen stabilen Frieden, weil Eheschließungen die Netzwerke zwischen den Dynastien stärkten? »Beides konnte zutreffen«, sagt Projektleiter Christoph Kampmann. »Dynastische Eheverträge dienten keiner langfristigen Strategie, sondern eher kurz- und mittelfristigen Interessen«, stellt der Historiker fest.

Als Grundlage für die Forschung baut das Team eine Datenbank auf, in der rund 700 Eheverträge europäischer Dynastien aus der Zeit von 1500 bis 1815 dokumentiert werden. »Wir erschließen die Verträge anhand von analytischen Kategorien«, erklärt Postdoktorand Dr. Julian Katz, der das Datenbankprojekt leitet. Dazu gehören unter anderem Hinweise zu beteiligten ständischen Instanzen, Angaben zu Mitgift und Erbschaften, Konfes-

sionsklauseln sowie Verbindungen zu anderen Vertragswerken wie zum Beispiel Friedensverträgen. In seinem eigenen Projekt richtet Katz den Blick auf die dynastische Ehepolitik im interkulturellen Kontext. Er befasst sich mit Versicherlichung, Bündnis- und Heiratspolitik zwischen Conquistadores und indigenem Adel während der spanischen Kolonisierung Amerikas.

Dr. Christian Wenzel erforscht darüber hinaus im Rahmen des Teilprojekts den Zusammenhang zwischen Erbfolgearantien und Vorstellungen staatlicher Sicherheit in der frühen Neuzeit. »Erbfolgen galten als eine wiederkehrende Unsicherheit für die Stabilität dynastischer Gemeinwesen«, erläutert der Historiker. Ein Beispiel dafür ist die Situation in England Ende des 17. Jahrhunderts. Im Zuge der »Glorious Revolution« setzte das Parlament den katholischen Stuartkönig Jakob II. ab, übertrug seiner protestantischen Tochter und ihrem niederländischen Ehemann die Krone und versuchte dann, diese Regelung durch die Generalstaaten, die heutigen Niederlande, garantieren zu lassen. »So kam es zu der Konstellation, dass die dynastische Erbfolge in England zeitweise durch ein anderes, republikanisches Gemeinwesen abgesi-



Beispiel für dynastische Ehepolitik: »Die Hochzeit des Prinzen von Wales mit Prinzessin Karoline von Braunschweig« (8. April 1795). Gemälde von John Graham (1755–1817).

chert wurde«, berichtet Wenzel. Er befasst sich auch mit Friedensverträgen, in denen Erbfolgearantien eine große Rolle spielen. Als Beispiel nennt er die Verträge von Utrecht, die 1713 den Spanischen Erbfolgekrieg beendeten: »Die Unterlagen zu den Verhandlungen sind bislang kaum ausgewertet worden, besonders im Hinblick auf die Vorstellungen von Sicherheit bei den Akteuren, die Rolle ständischer Instanzen und der Öffentlichkeit.«

Wenn Königinnen aus eigenem Recht herrschten, galt dies in der frühen Neuzeit als Bedrohung der Sicherheit des dynastischen Gemeinwesens. Die Doktorandin Anja Krause erforscht die Gründe für diese Wahrnehmung und wie politisch darauf reagiert wurde, etwa mithilfe des

Ehevertrags der Königin. Sie untersucht die Eheverträge der Königinnen in England zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert. Während der Ehemann von Maria I. Tudor (1553–1558) wenige Rechte zugesprochen bekam, erhielt der niederländische Ehemann der Königin Maria II. Stuart (1689–1694) umfangreiche Befugnisse und Erbrechte. Die Position des Ehemanns von Nachfolgerin Anna Stuart (1702–1714) wurde wiederum stark abgewertet. »Ich untersuche unter anderem, warum es keine stringente Handhabung der Königinnenherrschaft gab«, sagt Krause. »Außerdem bietet die Tatsache, dass Eheverträge der Königinnen vom Parlament abgesegnet wurden, wichtige Anhaltspunkte, um das damalige Verhältnis von Dynastie und Gemeinwesen zu analysieren.«



Im November 2019 stimmte die Bevölkerung von Bougainville über ihre Unabhängigkeit von Papua-Neuguinea ab.

SICHERHEIT AUF DEM WEG IN DIE UNABHÄNGIGKEIT

Im Zentrum des Teilprojekts »Treuhänderische Übergangsverwaltungen« steht die Frage, wie Sicherheitsfragen den internationalen Auf- und Umbau von Staaten beeinflussen. »Treuhänderische Herrschaft ist keine reine Verwaltung, sondern ein politischer Prozess mit vielen Konflikten«, betont der Sozialwissenschaftler Prof. Dr. Thorsten Bonacker vom Marburger Zentrum für Konfliktforschung. Die Forscherinnen und Forscher vergleichen die UN-Treuhandssysteme zur Dekolonisierung in den 1950er- bis 1970er Jahren mit von den UN direkt geführten Verwaltungen nach dem Ende des Ost-West-Konfliktes. »Uns interessiert, von wem und unter welchen Bedingungen Sicherheit thematisiert wurde, welche Forderungen verhandelt wurden und was politisch daraus folgte«, erläutert Bonacker.

Das Projektteam befasst sich mit dem Prozess der Dekolonisierung in den heutigen Ländern Kamerun, Togo und Papua-Neuguinea. Die ehemaligen deutschen Kolonien wurden zunächst im Auftrag des Völkerbundes verwaltet und gingen nach 1945 in das UN-Treuhandsystem über. Die Treuhandmächte, wie zum Beispiel Frankreich, Großbritannien und Australien, sollten die wirtschaftliche und soziale Entwicklung in den Ländern stärken und sie in die Unabhängigkeit führen. Im UN-Treuhandrat wurden die Belange in den Treuhandgebieten verhandelt. »Durch den Treuhandrat entstand erstmals eine internationale Öffentlichkeit für politische Fragen rund um die Unabhängigkeit«, sagt Bonacker.

In Kamerun sah die französische Treuhandverwaltung ihre Herrschaft durch die anticoloniale Partei »Union der Völker Kameruns« (UPC) gefährdet und verbot diese schließlich. Dr. Maria Ketzmerick hat die gewaltbehaftete Dekolonisierung Kameruns untersucht und herausgearbeitet, wie sich die UPC vor allem mit zahlreichen Petitionen an die UN wandte, um die Unabhängigkeit zu gestalten, letztlich aber aufgrund des Einsatzes von Gewalt vom politischen Entscheidungsprozess ausgeschlossen wurde. Der politische Prozess der Dekolonialisierung ist in Kamerun und Togo sehr unterschiedlich verlaufen, obwohl die Treuhandverwaltungen in beiden Ländern vor ähnlichen Herausforderungen standen. Während die 1960er Jahre in Kamerun von massiver Gewalt geprägt waren, verlief der Weg zur Unabhängigkeit in Togo weitaus weniger gewaltvoll und war stärker durch einen Konflikt zwischen den UN und der französischen Mandatsmacht gekennzeichnet. Julius Heise widmet sich in seiner Dissertation der größten Volksgruppe, der Ewe, die sich durch die Teilung des Mandatsgebiets in einen französischen und einen britischen Teil bedroht sahen und wiederholt eine Wiedervereinigung forderten.

Wie in Kamerun und in Togo haben die Konflikte in der Dekolonisierungszeit auch im Fall Papua-Neuguinea, bearbeitet von Dr. Werner Distler, bis heute deutliche Spuren im Verhältnis von Staat und Gesellschaft hinterlassen. International immer heftiger kritisiert, war die australische Treuhandverwaltung in Papua-Neuguinea



Plakat zu den Feierlichkeiten des 20. Jubiläums der UN-Mission INTERFET in Dili (Timor Leste)

selbst wenig umstritten. »Es gab Gewalt zwischen verschiedenen indigenen Gemeinschaften, doch Australien wertete diese nicht als Bedrohung für die eigene Herrschaft«, erklärt Distler. Bereits früh strebten politische Gruppen auf der rohstoffreichen Insel Bougainville nach Selbstbestimmung, eine erste Unabhängigkeitserklärung erfolgte 1975. Doch eine Abspaltung wurde von Australien und den Eliten in Port Moresby als Gefährdung des Staatsaufbaus betrachtet. Der Konflikt eskalierte Ende der 1980er Jahre in einen Bürgerkrieg, der durch ein Friedensabkommen 1997 beendet wurde. Darin ist festgelegt, dass die Bevölkerung über ihre Unabhängigkeit entscheiden kann. Beim Referendum im Dezember 2019 stimmten fast alle Wahlberechtigten für eine vollständige Unabhängigkeit von Papua-Neuguinea. Wie die Zentralregierung in Port Moresby mit diesem Ergebnis umgeht, ist ungewiss.

Distler untersucht im Rahmen des Projekts auch die beiden Fälle von Treuhandmandaten nach dem Ende des Ost-West-Konflikts, Kosovo und Ost-Timor. Hierbei handelte es sich um multilaterale Staatsbildungsprozesse mit vielen Beteiligten von internationalen Organisationen und Regionalmächten. Bei der UN-Treuhandverwal-



Foto: Julius Heise

Togo: Im Nationalarchiv in Lomé befinden sich zahlreiche Akten aus der Zeit der Kolonialherrschaft und der Dekolonisierung.

und Diskriminierungen im Kosovo zu beenden. So fühlten sich Angehörige von Minderheiten, vor allem Serben, von der kosovo-albanischen Mehrheit bedroht, verließen das Land oder leben heute häufig in Enklaven.

In Osttimor hat die UN-Treuhandverwaltung ab 1999 nach einem erfolgreichen Unabhängigkeitsreferendum den Übergang von der Besetzung der einstigen portugiesischen Kolonie durch Indonesien hin zu einem unabhängigen Staat begleitet. »Die ehemaligen Unabhängigkeitskämpfer stellten die politische Elite während des UN-Mandats. Sie forderten selbstbewusst die Beteiligung am Übergangsprozess«, erläutert Bonacker. Doch nach der Unabhängigkeit 2002 gelang es ihnen nicht, ein stabiles demokratisches System aufzubauen, sodass die UN von 2006 bis 2012 erneut mit einer Sicherungs- und Stabilisierungsmission im Land Verantwortung übernahmen und beispielsweise den sicheren Ablauf von Wahlen gewährleisteten. »Das Verhältnis zur ehemaligen Besatzungsmacht Indonesien ist heute gut und kein Sicherheitsthema mehr«, stellt Bonacker fest.

Die UN im Kosovo von 1999 bis 2008 organisierten neben den UN und ihren Unterorganisationen die NATO, die OSZE und der IWF mit Personal aus der ganzen Welt den Wiederaufbau. Die UN hatten umfassende Befugnisse im Kosovo, was dazu beitrug, dass sie im Laufe der Zeit immer stärker als Fremdherrschaft betrachtet wurden. Erfolglos war der Versuch der UN, nationalistische Politik

NEUE UNSICHERHEITEN VERÄNDERN STAATLICHES HANDELN

Das Teilprojekt »Erweiterte Sicherheit« nimmt Themen in den Blick, die seit dem Ende des Nachkriegsbooms in den 1970er Jahren aufkamen und den Staat in seiner Verantwortung, Sicherheit zu gewährleisten, vor neue Herausforderungen stellte. Zunächst befasste sich das Team um Projektleiter Eckart Conze mit den Themen Umwelt, AIDS und Computer. »Uns interessierte vor allem, wie sich staatliches Handeln durch diese neuen Sicherheitsthemen verändert hat«, sagt Conze. »Wir haben beobachtet, dass der Staat nicht mehr nur von oben per Gesetz regiert, sondern auch mit Maßnahmen, die zum Beispiel individuelle Prävention fördern.« Zu dieser Entwicklung habe beigetragen, dass sich nichtstaatliche Akteure wie Vereine sowie Expertinnen und Experten mit ihrem Wissen verstärkt in Debatten einbringen, die Politik beeinflussen und teilweise staatliche Aufgaben mit übernehmen.

Im Fokus des Projekts stehen nun die Atomenergie und der demographische Wandel: »Atomenergie gilt seit den schweren Reaktorunglücken in Harrisburg, Tschernobyl und Fukushima in den westlichen Gesellschaften nicht mehr als sicher und es wird kontrovers diskutiert, ob ihre Risiken beherrschbar sind«, sagt Sascha Brünig, der als Doktorand im Teilprojekt forscht. Besonders der Unfall in Tschernobyl, der als globale Umweltkatastrophe und als Folge veralteter Technologie wahrgenommen wurde, trug

dazu bei, dass Atomkraft von einem nationalen zu einem internationalen Sicherheitsthema wurde. Es entstanden beispielsweise transnationale Bemühungen um Verfahrenssicherheit bei der Kernenergienutzung. Neben den Staaten bestimmen Institutionen wie die Internationale Atomenergiebehörde, Interessenverbände der Atomindustrie sowie Vereinigungen von Nuklearexpertinnen und -experten mit ihrem Wissen und ihrem politischen Einfluss Vereinbarungen zu Sicherheitsstandards.

Die »alternde Bevölkerung« gilt in fortgeschrittenen Industriestaaten seit einigen Jahrzehnten als Sicherheitsrisiko für Wohlstand, sozialen Frieden und Zukunftsfähigkeit. Der Doktorand Tobias Bruns untersucht, wie Altern zum Beispiel mit Worten wie Vergreisung oder dem Bild der Alterspyramide als Bedrohung dargestellt wird. Er analysiert auch, welche staatlichen und nichtstaatlichen Akteure die Macht hatten, Altern zum Sicherheitsthema zu machen und welche Effekte das auf das gesellschaftliche Bild vom Altern und nicht zuletzt auf alte und alternde Menschen hat. In Deutschland sei mit der Agenda-Politik ab dem Jahrtausendwechsel eine neue Form des Regierens entstanden, mit dem Ziel, die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit und die Sozialsysteme gleichermaßen zu sichern. Dafür wurde der Sozialstaat zugunsten eines Modells zurückgefahren, das den Einzelnen stärker in die Pflicht nimmt, zum Beispiel in



Foto: Colourbox

Form von privater Altersvorsorge. Bruns wird die Entwicklung von »Altern« als Sicherheitsthema in Deutschland mit den USA verglichen. »Das ist besonders interessant, da in den USA keine Tradition von sozialer Sicherheit wie in Deutschland vorhanden ist«, sagt Conze.

Entwicklungen besser verstehen

Die Beispiele zeigen, wie vielfältig Sicherheit und Unsicherheit in verschiedenen Epochen und Kontexten diskutiert und in Politik umgesetzt wurde. Der Forschungsverbund will auf der Grundlage der Teilprojekte Typologien von Dynamiken der Sicherheit herausarbeiten. »Diese Typologien sollen dazu beitragen, gegenwärtige Entwicklungen besser zu verstehen und Probleme in einer globalisierten Welt genauer analysieren zu können«, sagt Kampmann. ■

PROFIL

Projekt: Dynamiken der Sicherheit. Formen der Versicherunglichung in historischer Perspektive (DFG SFB-TRR 138)

Sprecher: Prof. Dr. Horst Carl (Gießen)

stellvertretende Sprecher: Prof. Dr. Eckart Conze, Prof. Dr. Christoph Kampmann (Marburg), Prof. Dr. Regina Kreide (Gießen)

Beteiligte: Justus-Liebig-Universität Gießen, Philipps-Universität Marburg, Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung

Fachgebiete: Geschichtswissenschaft, Wirtschafts- und Sozialgeschichte, Kunstgeschichte, Politikwissenschaften, Soziologie, Rechtswissenschaften, Friedens- und Konfliktforschung

Laufzeit: seit 2014

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt: www.dynamiken-der-sicherheit.de

Forschungscampus Mittelhessen
www.fcmh.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/Sicherheit_Konflikt_Ordnung

INTEGRIERTES GRADUIERTENKOLLEG IM SONDERFORSCHUNGSBEREICH »DYNAMIKEN DER SICHERHEIT«

»Kolonialmedizin« und der Kampf gegen den Sklavenhandel

Karina Turmann ist eine von 24 Promovierenden im Integrierten DFG-Graduiertenkolleg (IGK) des Sonderforschungsbereichs Dynamiken der Sicherheit. Sie forscht im Teilprojekt »Sicherheit und Empire«, in dem unter anderem untersucht wird, welche Sicherheiten und Unsicherheiten die britische imperiale Herrschaft im späten 18. und 19. Jahrhundert produziert hat. Turmann schreibt ihre Doktorarbeit über das Thema »Generierung, Transformation und Instrumentalisierung kolonialmedizinischen Wissens in der britischen Karibik«. Sie berichtet über ihre Erfahrungen im IGK und ihre Forschung.

»Nach meinem Masterabschluss in Geschichte habe ich 2017 mit meiner Promotion bei Prof. Dr. Benedikt Stuchtey im Fachgebiet Neuere Geschichte der Philipps-Universität begonnen. Ich forsche zu den britischen Kolonien in den Antillen. Als Ende des 18. Jahrhunderts die Bewegung gegen den Sklavenhandel begann, gefährdete diese aus Sicht einiger Briten die Plantagenwirtschaft, die von der Arbeitskraft der versklavten Menschen abhing. Vor allem befasse ich mich mit dem medizinischen Wissen, das auf den Plantagen erarbeitet wurde und in der Anti-Sklaverei-Bewegung eine Rolle spielte. Eine besondere Bedrohung auf den Plantagen waren Fieberarten wie Malaria und Gelbfieber. Im Gegensatz zu den europäischen Siedlern waren viele Sklavinnen und Sklaven immun, weil sie schon von klein auf mit den Erregern in Berührung gekommen waren. Den britischen Ärzten ging es also nicht nur darum, zu verstehen und zu heilen. Vielmehr nutzten sie die Medizin, um den Sklavenhandel zu rechtfertigen – mit dem Argument, dass Menschen aus Afrika physisch gesehen besser für die Plantagenarbeit geeignet seien als jene aus gemäßigten Klimazonen.«

Ausstellung in Grenada

»Im Zuge einer Archivreise in die Karibik hatte ich unter anderem die Möglichkeit, auf Grenada im Nationalmuseum zu forschen. Der dortige Kurator hatte die Idee, eine Ausstellung zu meinem Forschungsthema zu konzipieren. Zurück in Marburg entwickelte ich also eine Reihe von Postern. Wir ergänzten sie vor Ort um Exponate aus dem Museum. Die Ausstellung heißt ‚Slavery, Science, Security. Plantation Medicine in Grenada during the Age of Abolition‘. Neben Planung und Aufbau des Projektes gab es außerdem einen Workshop mit Studierenden aus St. George’s, aus dem sich faszinierende Gespräche und Diskussionen ergaben. Den Beschäftigten des Museums liegt es am Herzen, dass durch die im April

2019 eröffnete Ausstellung die historischen Perspektiven ergänzt werden. Dadurch wird ihre Mission unterstützt, das Interesse für und die Aufarbeitung von Geschichte zu fördern und dabei gerade auch Touristen unterschiedliche Facetten der kleinen Insel nahezubringen.«

An der Grundlagenforschung mitwirken

»Als Promovierende im IGK bin ich auch an einer der Konzeptgruppen beteiligt, die Grundlagenforschung für den gesamten SFB leisten. Ich arbeite in der Gruppe ‚Differenz und Intersektionalität‘. Mein Thema ist insofern für die Diskussion in der Gruppe relevant, als in der Kolonialzeit beziehungsweise in kolonialen Räumen Kategorien der ‚Andersartigkeit‘ auf mehreren Ebenen entstanden sind oder sich verändert und verstärkt haben.

Austausch und Blicke über den Tellerrand

»Am IGK schätze ich vor allem, dass man sich intensiv austauschen kann. In den Kolloquiumssitzungen bekomme ich wertvolle Kommentare zu meiner Forschung und lerne die Arbeitsmethoden anderer Fachdisziplinen, wie beispielsweise der Rechtswissenschaften oder Soziologie, kennen. Diese neuen Perspektiven sind sehr fruchtbar für die eigene Arbeit. Neben den inhaltlichen Aspekten ist es großartig, dass uns die DFG vieles ermöglicht, zum Beispiel die Teilnahme an internationalen Konferenzen, Schreibworkshops oder Archivreisen. Das IGK bietet eine gute Vorbereitung sowohl für die akademische Laufbahn als auch für Karriereziele außerhalb der Wissenschaft. Welchen Weg ich selbst einschlagen möchte, ist noch offen.« ■

WEITERE INFORMATIONEN

Integriertes Graduiertenkolleg des SFB-TRR Dynamiken der Sicherheit: www.sfb138.de/graduiertenkolleg



Den Maghreb neu denken

Die Internationalisierung der Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften fördern – das ist das Ziel der »Maria Sibylla Merian Centres for Advanced Studies«. Das Bundesforschungsministerium bewilligte bereits Merian-Zentren in Indien, Mexiko, Brasilien und Ghana. Im April 2020 startete auf Marburger Initiative ein weiteres Zentrum in Tunesien. Forschungsthema ist die Entwicklung des Maghreb nach dem Arabischen Frühling.

Die Zukunft des Maghreb – zu dem Tunesien, Algerien, Libyen, Marokko und Mauretanien zählen – ist nicht nur für die Region selbst wichtig. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weltweit schauen auf den Maghreb, wenn sie zu einigen der brennendsten Themen unserer Zeit forschen: Migration, Verteilung von Ressourcen, religiöse Konflikte und Identitätskonflikte. Das »Merian Centre for Advanced Studies in the Maghreb« (MECAM) bietet der Maghreb-Forschung nun eine internationale Plattform. Das Leitthema lautet »Imagining Futures – Dealing with Disparity«.

Koordiniert wird das Zentrum von Prof. Dr. Rachid Ouaisa vom Marburger Centrum für Nah- und Mitteloststudien (CNMS). Hauptpartner in Tunesien ist die Université de Tunis, die einen zweiten Koordinator stellt. Beteiligt sind außerdem die Université de Sfax, das Institut Tunisien des Études Stratégiques in Tunis sowie die Universität Leipzig, das German Institute of Global and Area Studies (GIGA) in Hamburg und das Forum Transregionale Studien in Berlin.

Tunesien ist aus der Sicht von Ouaisa ein idealer Standort. Das liegt nicht nur an der Lage des Landes im Herzen des Maghreb. Es bietet den Forscherinnen und Forschern aus Deutschland, Tunesien und vielen weiteren Ländern gute Bedingungen. »Tunesien ist das Geburtsland des Arabischen Frühlings und das einzige Land in der Region mit einem gelungenen Übergang zur Demokratie«, sagt Ouaisa. »Akademische Freiheit, Meinungs- und Pressefreiheit sowie eine Zivilgesellschaft mit lebendigen Debatten in den Bereichen Kultur und Politik bieten einen fruchtbaren Boden für unsere Arbeit.«

Region im Aufbruch – wohin?

»Die Nah- und Mitteloststudien nahmen bislang vor allem den Osten der arabischen Welt in den Blick«, sagt die Marburger Arabistin Prof. Dr. Friederike Pannewick. »Mit dem Merian Zentrum erweitern wir die Perspektive in Richtung Westen.« Ouaisa ergänzt: »Die Sozialwissenschaften in Deutschland haben sich bislang kaum mit dem Maghreb beschäftigt. Das wollen wir ändern.« Die Partner im Merian-Zentrum erforschen, wie sich die Gesellschaften im Maghreb ihre Zukunft vorstellen und Modelle für die Zukunft ihrer Region neu aushandeln. Deshalb ist ein Aspekt der Forschung des Merian Zentrums: »Imagining Futures«.

Eine tiefgreifende Ungleichheit, die sich im Verlauf der Geschichte im westlichen Nordafrika entwickelt hat, prägt diesen Aushandlungsprozess. Durch die Islamisierung und die Kolonialherrschaft wurde der Maghreb zu einem Raum des intensiven Austauschs zwischen Afrika, dem Mittleren Osten und Europa. Hier treffen viele Ethnien, Kulturen, Sprachen und Religionen aufeinander. Die sozialen Unterschiede in den Ländern sind enorm. Es gibt prosperierende Regionen an den Küsten, in den Hauptstädten und in einigen Wirtschaftszentren. Dagegen fehlen besonders in ländlichen Gegenden Arbeitsplätze, Bildungsmöglichkeiten, Gesundheitsversorgung und Sicherheit. Die Folgen sind Flucht, soziale Unruhen und Extremismus. Wie gehen die Gesellschaften mit der Ungleichheit um? Diese Frage ist der zweite Aspekt der Forschung des Zentrums: »Dealing with Disparity«.

Auf den Spuren Ibn Khalduns

Das Merian-Zentrum ist in die Université de Tunis integriert, die älteste

Universität des Landes. Weitere Standorte des Zentrums sind in Casablanca und Beirut geplant. MECAM wird auch enge Beziehungen zur Außenstelle des Marburger CNMS in Kairo unterhalten. Dreh- und Angelpunkt des Projekts wird jedoch Tunis sein. Hier treffen sich Forscherinnen und Forscher aus Deutschland und arabischen Ländern, Promovierende, Postdocs und junge Professorinnen und Professoren aus der ganzen Welt für gemeinsame Projekte.

Tunis war auch die Heimat Ibn Khalduns. Mit seinen rationalen und empirischen Analysen über die Ursachen historischer Entwicklungen gilt der Philosoph und Politiker aus dem 14. Jahrhundert als Erfinder der modernen Sozialwissenschaften. Im MECAM ist er der Namensgeber für eine Veranstaltungsreihe, den »Rencontres Ibn Khaldoun«. »Die Rencontres gehören zu den Maßnahmen, mit denen wir unsere Forschungsthemen in die Gesellschaft bringen und mit Personen aus Politik, Kultur, Wirtschaft und der Zivilgesellschaft vor Ort diskutieren«, sagt Ouaisa.

Analysetools beschleunigen die Forschung

IT-Fachleute der Universitäten Marburg und Sfax schaffen eine Dateninfrastruktur, um den Informationsaustausch zwischen den Forscherinnen und Forschern im MECAM zu erleichtern. Sie unterstützen außerdem die digitale Analyse von Inhalten aus verschiedenen Medienformaten, wie zum Beispiel aus Texten, Bildern, Videos oder Sozialen Medien. Dafür haben sie eine Software entwickelt, mit der Dokumente in arabischer Schrift durchsucht werden können. Bei der Auswertung spielt die Marburger Medienwissenschaft eine wichtige Rolle. Sie bringt ihre Kompetenz ein, die Rolle audiovisueller Medien im sozialen und kulturellen Raum systematisch zu untersuchen.

Der Hauptstandort des Merian-Zentrums ist an der Université de Tunis. Sie stellt nicht nur die Infrastruktur für den Forschungsverbund zur Verfügung. Zahlreiche tunesische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Sozial- und Geisteswissenschaften beteiligen sich an der Forschung des MECAM.



Statue von Ibn Khaldun auf dem Place de l'Indépendance in Tunis. Der Philosoph und Politiker wurde 1332 geboren und gilt als Begründer der modernen Sozialwissenschaften.

IM FOKUS: PLURALITÄT UND FRAGMENTIERUNG

Der Maghreb ist dabei, sich neu zu erfinden. Die Gesellschaften stehen vor der Herausforderung, mit ihrer Pluralität und Fragmentierung umzugehen. MECAM will einen Beitrag zu den gegenwärtigen Diskursen in der Region leisten. Die vielen Fragen zur Zukunft des Maghreb spiegeln sich in den folgenden Themenfeldern des Zentrums wider.

Ungleichheit und Mobilität

»Brot, Freiheit, soziale Gerechtigkeit« skandierten die Menschen bei Demonstrationen in der Zeit des Arabischen Frühlings. Damit prangerten sie die jahrzehntelange Gleichgültigkeit der Regierenden gegenüber den Grundbedürfnissen der Bevölkerung an. Die soziale Ungleichheit hat sich seither weiter verstärkt. Die junge Generation reagiert darauf mit Abwanderung, in der Hoffnung, in Europa ein besseres Leben zu finden. Im MECAM wird erforscht, was diese Entwicklung für die Zukunft des Maghreb bedeutet.

Erinnerung und Gerechtigkeit

Der Arabische Frühling hat die Debatte über die Erinnerung und Bewältigung vergangener Gewalttaten und Repressionen verstärkt. So gab es

beispielsweise in Marokko und Tunesien Wahrheitskommissionen. Erinnerungen an geschehenes Unrecht und die Suche nach Gerechtigkeit prägen auch die Zukunft der Länder. Die Forschungsteams im MECAM interessiert, wie das Erbe der Diktaturen die Erwartungen, Vorstellungen und Modelle für die Zukunft des Maghreb beeinflusst.

Ästhetik und kulturelle Praxis

Die Bilder von Graffiti und Bannern, auf denen die Menschen ihren Protest ausdrückten, gingen um die Welt. Sie stehen exemplarisch dafür, dass im Maghreb Erfahrungen von Gewalt, Erniedrigung oder Traumata künstlerisch verarbeitet werden. Im MECAM wird untersucht, wie Kunst, Literatur, Theater oder Musik die Vorstellungen von der Zukunft des Maghreb in den jeweiligen Gesellschaften beeinflussen.

Ressourcen und Nachhaltigkeit

In den Maghreb-Ländern herrschen eine hohe Arbeitslosigkeit, Korruption, Vetternwirtschaft und große Einkommensunterschiede. Hinzu kommen Probleme wie Umweltverschmutzung, Wüstenbildung und Wassermangel. Das führt zu Konflikten über die Ressourcenverteilung. MECAM widmet

sich diesen Fragen: Wie gehen die Gesellschaften mit diesen Problemen um und welches Wirtschaftsmodell könnte für eine nachhaltige Entwicklung geeignet sein?

Identität und Religionen

Die Vielfalt an Identitäten – geprägt durch die Zugehörigkeit zu einer Familie, einem Ort, einer Ideologie, einer Ethnie oder Religion – wurde im Maghreb über Jahrzehnte nivelliert. Die von den postkolonialen Eliten geschaffenen Ideologien, die ein Gefühl von Einheit vermitteln sollten, sind in sich zusammengefallen. An deren Stelle ist jedoch noch nichts Neues getreten. Am MECAM wird analysiert, wie die Pluralität der Identitäten die Debatten über Zukunftsmodelle beeinflusst.

BETEILIGTE AM MECAM

Philipps-Universität Marburg (Koordination)

Centrum für Nah- und Mitteloststudien:
Prof. Dr. Rachid Ouaiya (Politik des Nahen und Mittleren Ostens), Prof. Dr. Friederike Pannewick (Arabistik),
Friedens- und Konfliktforschung:
Prof. Dr. Susanne Buckley-Zistel,
Prof. Dr. Thorsten Bonacker
Neueste Geschichte:
Prof. Dr. Eckart Conze,
Prof. Dr. Benedikt Stuchtey
Soziologie:
Prof. Dr. Anika Oettler
Romanistik:
Prof. Dr. Olaf Müller
Medienwissenschaften:
Prof. Dr. Malte Hagener
Informatik:
Prof. Dr. Bernd Freisleben

Universität de Tunis (Koordination):

Fachgebiete Geographie, Maghreb-Studien,
Französische Literatur, Arabisch-islamische Welt im Mittelalter
Universität de Sfax:
Fachgebiete Geographie, Informationstechnik
und angewandte Mathematik, Soziologie
Institut Tunisien des Études Stratégiques (ITES)

Universität Leipzig:

Institut für Geographie, Institut für Orientwissenschaften,
Small Enterprise Promotion and Training (SEPT)
German Institute of Global and Area Studies (GIGA), Hamburg: Institute of Middle East Studies (IMES)
Forum Transregionale Studien, Berlin

WEITERE INFORMATIONEN

www.uni-marburg.de/de/cnms/forschung/mecam

Graffito im Stadtzentrum von Tunis: Straßenkunst ist Teil des aktuellen politischen Diskurses.



IM UNIVERSUM DER SPRACHE

Kulturgut Sprache: Ob gesprochen oder geschrieben – Sprache prägt unser Zusammenleben. Dabei ist sie enorm vielfältig und verändert sich laufend. Das wissenschaftliche Verständnis von Sprache gehört seit langem zu den Marburger Forschungsschwerpunkten. So ist an der Philipps-Universität eines der ältesten sprachwissenschaftlichen Forschungszentren überhaupt angesiedelt – der Deutsche Sprachatlas. Dessen Besonderheiten sind Karten zur Sprachgeographie sowie Tonaufnahmen, die die deutschsprachigen Dialekte im Wandel der Zeit abbilden. Mit neurolinguistischen Methoden weisen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler außerdem nach, wie das Gehirn Sprache verarbeitet. Sie haben ergründet, warum wir Menschen, die den gleichen Dialekt sprechen, mehr vertrauen, und was Grammatik mit der räumlichen Wahrnehmung zu tun hat. Die Marburger Mittelalter-Philologie widmet sich in einem langfristig angelegten Projekt der Aufgabe, alle deutschsprachigen Handschriften des Mittelalters zu sammeln und der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Die Dokumente sind überall auf der Welt verteilt und oftmals nur noch als Fragmente erhalten. Sie sind wichtige Zeugen für die Entstehung der Moderne.



Sprachaufnahmen im Forschungszentrum Deutscher Sprachatlas

Foto: Rolf K. Wegst

ERFORSCHUNG DES SPRACHWANDELS

Dialekt schafft Vertrauen

Dialekte sterben aus – das wurde schon vor 300 Jahren prognostiziert. Es gibt sie immer noch, doch sie verändern sich. Am Forschungszentrum Deutscher Sprachatlas wird der Wandel regionalen Sprechens analysiert und in Form von interaktiven Karten und Tonaufnahmen dokumentiert. Mithilfe neurolinguistischer Methoden weisen Forschungsteams nach, wie Vorgänge im Gehirn bei der Sprachverarbeitung ablaufen und beispielsweise dazu beitragen, dass sich Dialekte verändern.

»Där goud ahl Mann es met em Gull dorchs Is gebrache on ens kall Wasser gefalle.« So klingt es heute im Dialekt der kleinen Stadt Schlitz im Vogelsbergkreis, wenn man sagt: »Der gute alte Mann ist mit dem Pferd in das Eis eingebrochen und in das kalte Wasser gefallen.« Das Beispiel ist einer der 40 Sätze, mit denen der Sprachforscher Georg Wenker Ende des 19. Jahrhunderts die deutschsprachigen Dialekte schriftlich erhoben hat. Marburger Sprachforscherinnen und -forscher haben die Sätze von heutigen Dialektsprecherinnen und -sprechern lesen lassen und aufgenommen. Der Sprecher aus dem ostthessischen Schlitz bekam den oben aufgeführten hochdeutschen Satz vorgelegt und sollte ihn in seinen Dialekt übertragen. Weitere Tests mit Personen aus

dieser Gegend haben ergeben, dass nicht nur ältere Menschen, sondern auch junge Leute Dialekt beherrschen. Im niedersächsischen Oldenburg ergibt sich ein anderes Bild. Während die ältere Generation Dialekt spricht, ist er bei der jungen Generation verloren gegangen.

Die aktuellen Tonaufnahmen der Dialekte sowie Sprachkarten aus der Zeit von Wenker bis heute sind auf der Internetplattform www.regionalsprache.de zugänglich, die im Rahmen des Projekts REDE der Akademie der Wissenschaften entwickelt wurde. Neu verfügbar sind die Aufnahmen von Sprecherinnen und Sprechern verschiedener Generationen. »Man kann anhören, wie ihr bestes Hochdeutsch und ihr bester Dialekt klingt, wie

sie mit Fremden und mit Vertrauten sprechen«, erklärt Prof. Dr. Jürgen Erich Schmidt, Direktor des Forschungszentrums Deutscher Sprachatlas. »Durch die Aufnahmen erfährt man, wie regional gefärbte Sprache heute klingt.« So können ältere Dialektsprecherinnen und -sprecher aus Schlitz auch beim Versuch, bestes Hochdeutsch zu sprechen, ihre Herkunft nicht verbergen. Die jungen Leute aus Oldenburg dagegen sprechen das, was heute als reines Hochdeutsch gilt.

Sächsisch war mal Hochdeutsch

Reines Hochdeutsch – das verbindet man vor allem mit dem Norddeutschen. Das war nicht immer so. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts galt das Ostmitteldeutsche, beispielsweise Obersächsisch, als die feinste Ausprägung der deutschen Sprache. Die Anfänge des Hochdeutschen reichen weit zurück. »Eine maßgebliche Rolle bei der Verbreitung der hochdeutschen Schrift spielte Luthers Bibelübersetzung«, sagt Schmidt. »Ab 1720 gibt es Belege, dass die Menschen nach der Schrift gesprochen haben.« So verbreitete sich – vor allem durch die allgemeine Schulpflicht ab circa 1800 – ein überregionales Schriftdeutsch, das jedoch nach den Regeln der Dialekte ausgesprochen wurde.

»Bis etwa 1900 gab es nur landschaftliche Formen des Hochdeutschen«, erklärt Schmidt. »Wir bezeichnen diesen Vorläufer der heute allgegenwärtigen Standardsprache als Regiolekt.« Je näher die gesprochene Sprache der Schriftsprache kam, desto höher wurde sie damals bewertet. Den größten Abstand zur hochdeutschen Schriftsprache hatte das in Norddeutschland gesprochene Niederdeutsch. Beim Erlernen von Hochdeutsch haben die Menschen in diesem Dialektraum begonnen, die Schrift buchstabengetreu auszusprechen. Als dann Ende des 19. Jahrhunderts eine Norm für die Bühnensprache festgelegt wurde, orientierte sich die Sprache an der norddeutschen Aussprache – ebenso bei der in den 1930er Jahren festgelegten Rundfunksprache. Das Sächsische wird seitdem immer mehr abgewertet.

Auch die Aussprache zum Beispiel von Personen aus dem Rheinland und der Pfalz gilt seither nicht mehr als Hochdeutsch, sondern als regional begrenzte Umgangssprache. »In den letzten 100 Jahren hat ein tiefgreifender Sprachwandel und Umwertungsprozess stattgefunden«, sagt Schmidt. Die medial verbreitete Standardaussprache prägt die Vorstellung davon, was als gutes überregionales Deutsch gilt und dient außerdem als Orientierung für die eigene Sprache. Das erklärt, warum sich der Regiolekt vor allem der Jüngeren immer mehr dem Standard angenähert hat.

Nord-Süd-Gefälle

Der sprachliche Umbruch hat sich von Norden nach Süden in unterschiedlichem Maße vollzogen. So sind Dialekte und Regiolekte in Mittel- und Norddeutschland sowie im Osten mehr auf dem Rückzug als im Bayerischen

und Alemannischen. »Ganz im Süden finden wir Sprecher, deren Regionalsprache noch ähnlich ist wie am Ende des 19. Jahrhunderts«, berichtet Schmidt. Ein Beispiel dafür ist die Region nordöstlich des Chiemsees. Die Sprecherinnen und Sprecher dort beherrschen Regiolekt, den sie als Vorlesesprache in der Schule erworben haben, sowie den mittelbayerischen Dialekt. »Das Besondere an diesem Beispiel ist, dass die Älteren, wenn sie die Sprachvarietät frei wählen können, immer den Dialekt bevorzugen und nur bei expliziter Aufforderung, ihr bestes Hochdeutsch zu sprechen, Regiolekt sprechen. Ähnlich ist es auch in der deutschsprachigen Schweiz«, sagt Schmidt.



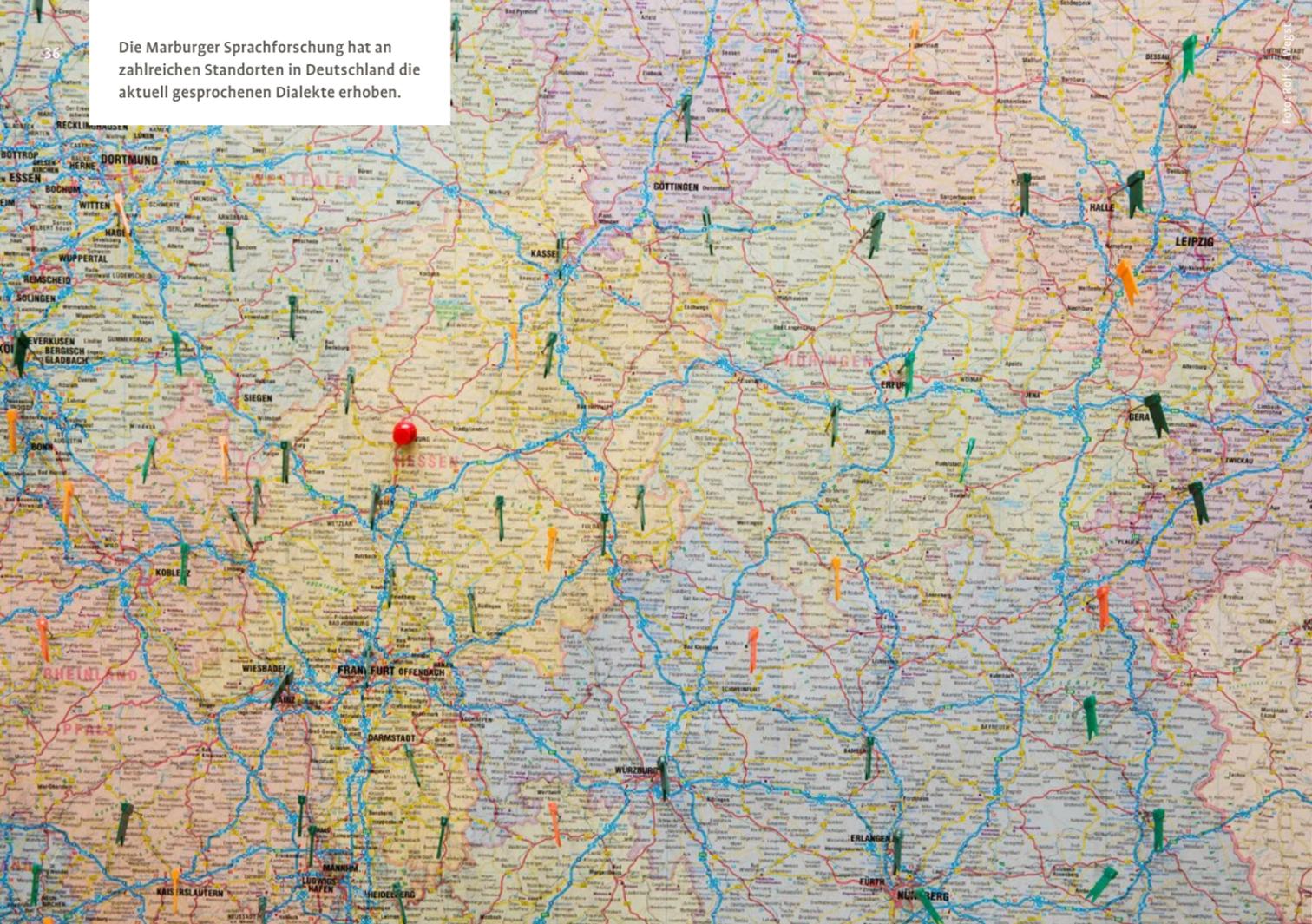
Foto: Rolf K. Wegst

Der Normalfall im Oberdeutschen und westlichen Mitteldeutsch sei dagegen, dass der Regiolekt zur Sprache des Alltags geworden ist. Je nach Situation und Vertrautheit mit dem Gegenüber nähert sich die Aussprache mal mehr dem Standardhochdeutsch, mal mehr dem Dialekt. Diesen beherrschen im Osten des zentralhessischen Sprachraums noch alle Generationen. Wenn jedoch ihr bestes Hochdeutsch gefordert ist, können die Jüngeren auf die norddeutsch geprägte Standardaussprache wechseln, die Älteren jedoch nicht. Inzwischen ist in allen Sprachräumen Deutschlands die Tendenz zu beobachten, dass Sprecherinnen und Sprecher aus der jüngeren Generation oft nur noch Regiolekt im standardnahen Bereich beherrschen und Dialekt weder sprechen noch verstehen.

»Ein Sondertyp ist Ostmitteldeutsch«, erklärt Schmidt. »In Städten wie Dresden oder Erfurt dominiert ein auffällig standardferner Regiolekt ohne Variationen. Wenn die Sprecher gebeten werden, Hochdeutsch oder Dialekt zu sprechen, klingt das immer gleich.« Schmidt führt dies auf die Sprachgeschichte zurück. Ostmitteldeutsch galt lange als vorbildliches Hochdeutsch, sodass es keiner Anpassung an sprachliche Normvorstellungen bedurfte. »Das ändert sich heute langsam als Folge des Abwertungsprozesses, denen dieser Regiolekt ausgesetzt ist«, so Schmidt.

Wenker-Sprachkarten aus dem 19. Jahrhundert gehören zu den wertvollen Dokumenten im Forschungszentrum Deutscher Sprachatlas.

Die Marburger Sprachforschung hat an zahlreichen Standorten in Deutschland die aktuell gesprochenen Dialekte erhoben.



Projekt regionalsprache.de: Ein Team arbeitet an Transkriptionen.

PRÄTERITUM WEICHT PERFEKT

Bei der Erforschung des Sprachwandels kombinieren die Sprachforscherinnen und -forscher Langzeitbeobachtungen über mehrere Jahrhunderte und Kurzzeitbeobachtungen der letzten 100 bis 150 Jahre. Eine langfristige Entwicklung ist der Rückzug des Präteritums. In Erzählungen ist diese Zeitform noch präsent. So lautet die typische Anfangsformel von Volksmärchen »Es war einmal«. Doch es gibt Anzeichen dafür, dass das Präteritum verschwinden könnte. Die Sprachwissenschaftlerin Dr. Hanna Fischer hat festgestellt, dass der Wandel schon seit rund 1.000 Jahren im Gange ist – seit der Entstehung des Perfekts im 8. Jahrhundert. »Deutschsprecher haben die beiden Zeitformen nicht so streng unterschieden«, sagt Fischer. »Im Laufe der Jahrhunderte drang das Perfekt zunehmend in Bedeutungs- und Funktionsbereiche des Präteritums ein und wurde auch für die Schriftsprache übernommen.«

Einer der Gründe für den Wandel sei, dass das Präteritum zumindest bei starken Verben wie »backen« wegen der unregelmäßigen Formen relativ schwer zu lernen ist. Lediglich bei besonders häufig verwendeten Verben wie »kommen« oder »wollen« bleibt das Präteritum weitgehend erhalten. Das Perfekt setzt sich nicht überall gleichermaßen durch: »Im Oberdeutschen ist das Präteritum im 19./20. Jahrhundert weitgehend verschwunden, nicht jedoch im Niederdeutschen. Dazwischen erstreckt sich ein Übergangsbereich mit mehr oder weniger vielen Präteritumverben«, berichtet Fischer.

WEM WIR EHER VERTRAUEN

Sind Dialekte oder Regiolekte überflüssige Relikte, die die Kommunikation erschweren oder sogar Bildungshindernisse darstellen? Nein, sagen die Marburger Linguistinnen und Linguisten. Der Neurophonetiker Prof. Dr. Matthias Scharinger hat nachgewiesen, dass Personen, die neben Standardhochdeutsch auch Dialekt beherrschen, über mehr sprachverarbeitende Neuronen verfügen und deshalb Vorteile beim Fremdsprachenlernen haben. Die vertraute Sprache spielt auch beim wirtschaftlichen Verhalten und Handeln eine Rolle. So hat Prof. Dr. Alfred Lameli, der bis 2018 in Marburg forschte, gemeinsam mit einem Team aus den Wirtschaftswissenschaften herausgefunden, dass Menschen mit ähnlichem Dialekt oder Regiolekt eher kooperieren. Teilnehmerinnen und Teilnehmer an einem Experiment erhielten eine Reihe von Aufgaben. Für jede richtige Antwort erhielten sie einen kleinen Geldbetrag. Sie konnten entscheiden, ob sie alleine im Wettbewerb mit allen anderen spielen oder sich mit anderen zusammenschließen und den Gewinn teilen. Dabei wurde deutlich, dass sich die Testpersonen meistens für eine Kooperation entschieden, wenn sie mit jemandem zusammenspielen konnten, der den gleichen Regiolekt spricht. Ansonsten bevorzugten sie, alleine zu spielen.

Das Experiment bestätigte eine andere Untersuchung des Forschungsteams. Sie wollten wissen, warum Menschen in eine andere Region Deutschlands ziehen und welche Rolle Dialekte und Regiolekte dabei spielen. Um den Faktor Sprache herauszufiltern, haben sie in mathematischen Simulationen mit großen Datenmengen »harte« ökonomische Faktoren als Gründe für Mobilität – zum Beispiel Arbeitsplatzangebot, Wohnungspreise oder Lohnniveau – herausgerechnet und festgestellt, dass die meisten Menschen bevorzugen, in der vertrauten Sprachregion zu bleiben, sofern sie eine Wahl haben. Warum ist das so? »Sprecher aus dem gleichen Sprachraum teilen eine gemeinsame kulturelle Identität und einen ähnlichen Erfahrungshorizont«, sagt Schmidt. Außerdem führe die unterschiedliche Verwendung von Artikeln, Kasusmarkierungen oder Tonakzenten in Dialekten dazu, dass sich Menschen aus verschiedenen Regionen manchmal falsch verstehen, sodass es zu Irritationen kommt. Insofern betrachten es die Sprachforscherinnen und -forscher als rationales Verhalten, wenn man die Nähe zu Personen mit der gleichen Sprache bevorzugt.



Experimentelle Linguistik: Hirnstrommessungen bei einer Probandin

Im neurolinguistischen Testlabor

Menschen gleichen langfristig ihre Sprache an, wenn sie sich nicht verstehen. Oft nähern sie sich der Standardsprache an oder ein Dialekt setzt sich durch. In der Sprachdynamik lassen sich Sprachkollisionen mithilfe von Hirnstrommessungen (EEG – Elektroenzephalographie) nachweisen. Ein Beispiel aus dem Marburger Sprachlabor: Wenn bayrisch-schwäbische Dialektsprecherinnen und -sprecher in einem Satz »Broat« (Brot) sagen, versteht jemand aus dem bayrischen Dialektraum »breit«, weil dort »ei« als »oa« ausgesprochen wird. Der Satz ergibt dann keinen Sinn. Die Irritationen bei bayrischen Hörerinnen und Hörern sind im EEG in Form von Spannungsänderungen sichtbar. »Versteht jemand Lautverbindungen aus einem fremden Dialekt korrekt, so zeigt das EEG keine Unterschiede in der hirnpfysiologischen Verarbeitung an«, sagt Schmidt.

Die Sprachforschung nutzt neurolinguistische Methoden wie die EEG-Messung für viele weitere Fragestellungen. Dazu gehört die Frage, wie in verschiedenen Sprachen die Abfolge von Subjekt und Objekt in einem Satz verarbeitet wird. In Sprachen mit vielen Kasus – zum Beispiel Deutsch, Türkisch und Chinesisch – dominiert prinzipiell die Reihenfolge Subjekt-Objekt, doch die Objekt-vor-Subjekt-Stellung kommt ebenfalls häufig vor und wird verstanden, weil sich der Inhalt eines Satzes durch die Kasusformen oder das handelnde Subjekt erschließt. »EEG-Messungen zeigten, dass Probanden trotz korrekter Interpretation von Sätzen, in denen das Objekt am Anfang steht, zuerst das Subjekt erwarteten«, berichtet Schmidt. »Diese Diskrepanz zwischen Hörerbeurteilung und EEG-Messungen hat uns überrascht.« Die Forscherinnen und Forscher fanden heraus, dass die Verarbeitung der Objekt-Subjekt-Reihenfolge in zwei Phasen erfolgt. Zunächst signalisiert das Gehirn eine Verletzung des erwarteten Satzaufbaus, erst danach folgt eine positive Bewertung.

GRAMMATIK UND RÄUMLICHE WAHRNEHMUNG

Die Erwartung, dass in einem Satz das Subjekt vor dem Objekt steht, hat aus der Sicht von Dr. Simon Kasper mit unserer Wahrnehmung zu tun. »Sprache spiegelt Wahrnehmungsstrukturen«, sagt der Marburger Linguist. In seiner Dissertation untersuchte er, warum grammatische Strukturen so sind, wie sie sind. »Lange Zeit ging die Forschung davon aus, dass das Gespür für die richtige Grammatik angeboren ist«, sagt Kasper. »Seit den 1980er Jahren nimmt man an, dass eher allgemeine kognitive Fähigkeiten relevant sind.« Kasper hat erforscht, dass die räumliche Wahrnehmung und sprachliche Struk-

tur korrespondieren. »Im Raum konzentrieren wir uns auf Figuren. Der Hintergrund verschwimmt. Figuren entsprechen sprachlich den Subjekten, der Hintergrund den Objekten. Handelnde Subjekte stehen sprachlich für uns immer im Vordergrund«, erklärt Kasper. »Wenn ein Satz entsprechend unserer räumlichen Wahrnehmung aufgebaut ist, dann verstehen wir ihn am effektivsten. Daher verarbeiten wir Strukturen, in denen das handelnde Subjekt vor dem behandelten Objekt steht, schneller als die umgekehrte Reihenfolge.«

BABYS KÖNNEN SPRACHEN UNTERSCHIEDEN

Die Neurolinguistin Prof. Dr. Ulrike Domahs erforscht die neuronalen Grundlagen verschiedener sprachlicher Prozesse. Sie befasst sich unter anderem damit, welche Rolle Sprachrhythmus und Wortbetonungen spielen, wenn unser Gehirn Sprache verarbeitet. »Betonungen helfen uns dabei, Wörter im Lexikon unseres Gehirns zu finden«, erläutert Domahs. »Kinder können schon im Mutterleib lautliche Strukturen verarbeiten und schon als Säuglinge rhythmisch verschiedene Sprachen wie zum Beispiel Deutsch und Französisch unterscheiden«, sagt Domahs. Wenn Kinder sprechen lernen, kürzen sie oft die Wörter auf die betonte Silbe, zum Beispiel »nane« für Banane.

Domahs und ihr Team haben festgestellt, dass Kinder die Betonungsmuster der Lautsprache, die wir in Wortkürzungen wie »nane« vorfinden, auch auf die Schriftsprache

übertragen. In Tests haben Kinder der 2. Klasse betonte und unbetonte Silben beim Schreiben häufig getrennt, beispielsweise »Kroko dil«. Der Zusammenhang zwischen lautlichen Strukturen (Prosodie) und Schrift ist ein relativ neues Forschungsgebiet. »Bislang gab es das Verständnis, dass Schrift lediglich eine lineare Abfolge von Buchstaben ist«, sagt die Forscherin. »Heute betrachten wir Schrift als ein hierarchisches System mit prosodischen Einheiten.« Diese Erkenntnisse prägen auch die Sprachdidaktik, sei es bei der Therapie von Sprachstörungen oder beim Erlernen von Fremdsprachen. »Wenn Kinder die rhythmisch-prosodischen Basismuster erkennen, ist das hilfreich, um korrekte grammatische Formen zu bilden und die Grundlagen der Rechtschreibung zu erwerben«, sagt Domahs.

SPRACHFORSCHUNG UNTER EINEM DACH

Seit 2016 arbeiten die Marburger Sprachforscherinnen und -forscher in einem Forschungsbau, der den verschiedenen sprachwissenschaftlichen Disziplinen eine gemeinsame Infrastruktur bietet. »Das erleichtert unseren Arbeitsgruppen den wissenschaftlichen Austausch und die vernetzte Zusammenarbeit bei Projekten«, betont Sprachatlas-Direktor Schmidt. Die Schwerpunkte am Marburger Forschungszentrum Deutscher Sprachatlas liegen in der Erforschung von Sprachvariationen und Sprachwandel sowie der Forschung über Grundlagen von Sprache und Sprachverarbeitung.

PROFIL

Einrichtung:
Forschungszentrum Deutscher Sprachatlas

Direktor:
Prof. Dr. Jürgen Schmidt

stellvertretender Direktor:
Prof. Dr. Jürg Fleischer

Fachbereich:
Germanistik und Kunstwissenschaften,
Institut für Germanistische Sprachwissenschaft

Gründung:
1920

WEITERE INFORMATIONEN

www.uni-marburg.de/de/fb09/dsa

Akademie-Projekt Regionalsprache.de (REDE):
www.regionalsprache.de



DEUTSCHSPRACHIGES HANDSCHRIFTENERBE SICHERN

Mittelalter trifft digitales Zeitalter

Die schriftlichen Überlieferungen aus dem Mittelalter sind wichtige Zeugen für die Entwicklung von Kultur, Religion, Politik und Wissenschaft der Moderne. In dem auf 20 Jahre angelegten Projekt »Handschriftencensus« der Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz sammeln Marburger Germanistinnen und Germanisten dieses kulturelle Erbe, bereiten es auf und machen es in einer Online-Datenbank für die Forschung und die Öffentlichkeit frei zugänglich.

Bis weltweit alle deutschsprachigen Handschriften des Mittelalters gefunden, qualifiziert erfasst und der Wissenschaft zugänglich gemacht sind, ist es noch ein weiter Weg. Doch der Marburger Philologe Prof. Dr. Jürgen Wolf denkt schon weiter: »Unser Fernziel ist eine digital vernetzte Gesamtübersicht aller volkssprachigen Literaturen des Mittelalters.« Ähnliche Vorhaben wie in Marburg laufen in Frankreich, Österreich, den Niederlanden, in der Schweiz, in Polen oder werden wie in Rumänien nicht zuletzt mit Marburger Unterstützung (Siebenbürgen-Database) vorbereitet.

Den Handschriftencensus (HSC) gibt es als Arbeitsgruppe seit 2006. »Seither haben mehr als 500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Europa, den USA und vielen weiteren Ländern daran mitgearbeitet«, berichtet Wolf. Er leitet den HSC gemeinsam mit dem gerade frisch auf die zweite Mittelaltergermanistik-Proessur in Marburg berufenen, ehemals Siegener Germanisten Prof. Dr. Nathanael Busch. Das Projekt hat internationale Strahlkraft: Forschende aus der ganzen Welt nutzen den HSC als Plattform und Kompetenzzentrum zu allen Fragen rund um deutschsprachige Handschriften und Fragmente des Mittelalters. »Unsere Aufgabe ist, herauszufinden, wo die Bestände sind und sie wissenschaftlich aufzubereiten, sodass andere damit weiterarbeiten können«, sagt Wolf über das Ziel des HSC. Die Vernetzung der Forschungs-Community sei ein wichtiger Nebeneffekt des Projekts. »Die Open-Access-Datenbank soll eine tiefer gehende inhaltliche Forschung zu den einzelnen Handschriften anregen. Wir liefern die Material-Grundlage dafür. Bei Neufunden hoffen wir, dass jemand anbeißt und darüber forscht.« Zu den Forschungsdisziplinen, die den HSC nutzen, gehören Geschichte, Rechtswissenschaften, Theologie, Sozialwissenschaften, Literaturwissenschaften, Kunstgeschichte, Medizin und Naturwissenschaften.

Noch viele unentdeckte Textzeugen

Rund 26.000 deutschsprachige Handschriften des Mittelalters sind bereits bekannt. Sie befinden sich in über 30 Ländern in 1.500 verschiedenen Bibliotheken, Archiven, Museen oder weit verstreut in Privatbesitz. Wolf rechnet damit, dass es weltweit noch bis zu 10.000 unentdeckte Textzeugen gibt. Jede Woche erhält der HSC Meldungen über neue Handschriftenfunde, darunter sind spektakuläre Funde wie das Rechtsbuch der Stadt Lübeck. Das »Lübische Recht« ist einer der wichtigsten rechts- und landeshistorischen Texte. Zwei russische Germanistinnen entdeckten die Handschrift im Stadtmuseum von Jurjewetz an der Wolga. »Dort lag der Codex viele Jahre unbeachtet, während er in Lübeck schmerzlich vermisst wurde«, sagt Wolf. Die prunkvoll gestaltete Pergamenthandschrift entstand 1294 in der Lübecker Kanzlei und wurde bis Mitte des 14. Jahrhunderts weitergeführt. Ein internationales Forschungsteam mit Beteiligung des HSC plant eine Faksimileausgabe des 99 Blätter umfassenden Werks, das sich seit 2018 zur Restaurierung in Moskau befindet. Eine weitere sensationelle Entdeckung machte Nathanael Busch bei einem Handschriften-Workshop im österreichischen Kloster Melk: Er identifizierte dort in einem zur Verstärkung eines mittelalterlichen Klostereinbandes verwendeten Pergamentstreifen den Rest eines höchst anrühigen Textes, des sogenannten »Rosendorn« – quasi einer mittelalterlichen Vorform der »Vaginamonologie«. Bis dato wusste man von solchen »obszönen Texten« frühestens aus dem ausgehenden Mittelalter. Der in Melk entdeckte Streifen datiert aber in die Zeit um 1300, das heißt, man wird nun wohl die Literatur- und Sittengeschichte neu zu schreiben haben. Es überrascht deshalb auch nicht, dass von diesem Sensationsfund sogar die internationale Presse berichtete.

Die Handschrift »Das Lübische Recht« wurde in einem Museum in Russland wiedergefunden.

Foto: Projekt Handschriftencensus



Der HSC gilt weltweit nicht nur als erste Anlaufstelle für alle Fragen rund um mittelalterliche deutsche Handschriften, sondern vor allem auch als vertrauenswürdig. Dadurch öffnen sich für Jürgen Wolf, Nathanael Busch und ihr Team viele Türen, auch zu nicht öffentlichen Beständen und Privatbesitz. Auf der Suche nach oder zur Begutachtung von Handschriften ist Jürgen Wolf oft in Osteuropa unterwegs. In Riga (Lettland) hat der Germanist beispielsweise 40 Handschriften in einer Bibliothek gefunden. Darunter sind Zunftbücher, die Einblicke in die Organisation von Handwerkern und Kaufleuten im Spätmittelalter geben und vieles über deren Verflechtung in die Wirtschaft, Politik, Gesellschaft und Kultur aussagen.

In Osteuropa werden immer noch viele Dokumente gefunden, die seit dem Zweiten Weltkrieg als verschollen gelten. So tauchte zum Beispiel ein verloren geglaubtes Pergamentfragment des um 1200 in Mittelhochdeutsch verfassten Minneromans »Tristan und Isolde« von Gottfried von Straßburg in Sibirien auf. Zwei russische Germanisten entdeckten die Handschrift 2018 in der Staatlichen Universitätsbibliothek von Tomsk.

Die Forscher datieren die Entstehung des Blatts auf Ende des 13. oder Beginn des 14. Jahrhunderts. Bei dem mittelalterlichen Pergamentblatt fanden sich auch ganz moderne Dokumente: Sie tragen einen Eingangsstempel der Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg und belegen, dass das Fragment von 1911 bis 1928 in Hamburg aufbewahrt worden war. Mit Kriegsbeginn hatte sich die Spur des Fragments verloren, nun steht es der Wissenschaft wieder zur Verfügung und ist auch im HSC erfasst. Aber längst nicht immer handelt es sich bei den Funden um Beutekunst. »Viele Schriften waren schon lange vor dem Zweiten Weltkrieg dort, wo sie jetzt gefunden werden«, weiß Wolf.



Jürgen Wolf und Nathanael Busch diskutieren über eine deutschsprachige Handschrift aus dem Mittelalter.

Foto: Henrik Iserberg



Foto: Projekt Handschriftencensus

Pergamentfragment von
»Tristan und Isolde«

Aufwendige Aufarbeitung

»Wenn Handschriften gefunden werden, erhalten wir Digitalisate von den Einrichtungen, in denen die Originalschriften liegen«, erklärt Wolf. Nach dem Fund beginnt die meist aufwendige wissenschaftliche Aufarbeitung. Die Marburger Mittelalter-Philologinnen und -Philologen ermitteln zahlreiche Informationen zu jeder Handschrift, unter anderem die regionale Herkunft, die Entstehungszeit, den genauen Schreibort und die Schreibsprache. Sie identifizieren außerdem den Inhalt der Schriften. Auch Abbildungen werden erfasst. »Mit Hilfe der Paläographie können wir Schriftmerkmale auf 20 bis 30 Jahre genau datieren«, berichtet Wolf. Mit dieser Expertise sind die Marburger Germanisten auch als Gutachter gefragt, zum Beispiel um die Echtheit von Handschriften zu bewerten. Die Informationen zu den Handschriften werden nach einer festgelegten Systematik erfasst. Für die einheitliche Benennung der Handschriften entsteht im Rahmen des Projekts eine weltweit gültige Norm. Bei dieser Aufgabe kooperiert der HSC mit der Deutschen Nationalbibliothek, die die »Gemeinsame Norm-Datei« mit zahlreichen Bibliotheken, Archiven und Einrichtungen gemeinschaftlich führt.

Für das Ziel, ein Gesamtverzeichnis aller deutschsprachigen Handschriften des Mittelalters zu schaffen, sind auch Querverbindungen zu anderen Datenbanken notwendig. Bereits in den HSC integriert sind die Datenbanken zu Althochdeutschen Handschriften und Freidankhandschriften. »Um Schnittstellen zu weiteren Angeboten und zu den Normdaten der Deutschen Nationalbibliothek herzustellen, führen wir eine neue Datenbank ein«, sagt Wolf. »Die Möglichkeiten unserer bestehenden Lösung, deren Anfänge bis in die 1990er Jahre reichen, sind ausgereizt.« Die neue Datenbank wird portalfähig sein und über ein intuitiv bedienbares Front-End verfügen. Sie soll perspektivisch auch interaktive Funktionen bekommen. »Wir wollen beispielsweise ein Schrift- und Dialektanalyse-Tool im Portal hinterlegen. Die Idee ist, dass Nutzer mithilfe eines intelligenten Zeitstrahls Entstehungszeit, Ort und Dialekt von Schriften identifizieren können«, blickt Wolf in die Zukunft. Einen Bedarf dafür gibt es in vielen Disziplinen, beispielsweise bei Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern, die Kräuterbücher oder Alchemistisches identifizieren wollen, oder bei Kunsthistorikerinnen und -historikern.

Bei der Entwicklung des Datenbank-Portals arbeitet das Projektteam mit dem Forschungsdatenmanagement, der Universitätsbibliothek (UB) und dem Hochschulrechenzentrum (HRZ) der Philipps-Universität zusammen. Die UB hilft bei der Entwicklung einheitlicher Standards zur Erfassung und Vernetzung der Daten. Das HRZ und der Fachbereich Mathematik und Informatik steuern IT-Kompetenz bei. »Wir benötigen allerdings mehr Mitarbeiter mit der Doppelkompetenz mittelalterliche Philologie und IT«, sagt Wolf über den Personalbedarf des HSC. »Da es diese Kombination kaum gibt, bilden wir selbst die Leute dafür aus.« Dem Projekt steht noch viel Arbeit bevor: »Teilweise haben wir Handschriften erst rudimentär mit einigen Kerndaten erfasst«, sagt Wolf. »Viele mittelalterliche Werke sind noch unentdeckt, zum Beispiel, wenn ihr Pergament als Aktendeckel oder Briefumschlag für Schriften des 16. und 17. Jahrhunderts recycelt wurde.«



Foto: Henrik Isenberger

Im Projekt »Handschriftencensus« arbeiten die Germanisten Nathanael Busch (links) und Jürgen Wolf (Hintergrund, links) eng mit einem Team der Marburger Universitätsbibliothek zusammen.

Der HSC arbeitet an der Schnittstelle von traditioneller Philologie und digitalen Geisteswissenschaften (Digital Humanities). Der Nutzen der Digitalisierung liegt auf der Hand: Informationen lassen sich aktuell halten, dynamisch gestalten und durchsuchen. Zudem kann man den Datenpool mit der Forschungs-Community vernetzen. Diese Vorteile wollen auch rund 80 andere Marburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzen. Gemeinsam mit dem Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung, dem Hessischen Landesarchiv, dem Hessischen Landesamt für geschichtliche Landeskunde sowie der Archivschule Marburg gründet die Universität deshalb das »Marburg Center for Digital Culture and Infrastructure«, in dem Wolf einer der Sprecher sein wird. ■

PROFIL

Projekt:
Handschriftencensus – eine Bestandsaufnahme der handschriftlichen Überlieferung deutschsprachiger Texte des Mittelalters. Ein Projekt der Mainzer Akademie der Wissenschaften und der Literatur

Fachbereich:
Germanistik und Kunstwissenschaften,
Institut für Deutsche Philologie des Mittelalters

Leiter:
Prof. Dr. Nathanael Busch
Prof. Dr. Jürgen Wolf

Laufzeit:
seit 2017

WEITERE INFORMATIONEN

www.handschriftencensus.de

Lebenswege begleiten

Promovierende und Postdocs leisten wichtige Beiträge zur Forschung an der Philipps-Universität. In Marburg finden sie ein produktives Umfeld, das ihnen auf ihren Qualifizierungswegen zur Seite steht – von der Promotion bis zur Etablierung im Beruf. Zu den Unterstützungsangeboten gehören Coaching, Beratung und Veranstaltungen sowie Serviceeinrichtungen wie das Referat Wissenschaftlicher Nachwuchs, das Referat für Gleichstellung, der Familienservice, das International Office und das Welcome Center.

Unabhängig davon, ob jemand eine Laufbahn in der Wissenschaft, im Wissenschaftsmanagement oder in der Wirtschaft anstrebt – entscheidend ist die exzellente Betreuung, die die individuelle Entwicklung der Promovierenden fördert. Ein wesentliches Element in der Gestaltung der Promotionsphase ist daher die Betreuungsvereinbarung. Darin legen Promovierende und Professorinnen oder Professoren ihre wechselseitigen Rechte und Pflichten fest. Der Vertrag enthält einen Arbeits- und Zeitplan, beide Seiten verpflichten sich zu regelmäßigem Austausch über den Fortschritt der Promotion. »Die konstruktive Zusammenarbeit ist unentbehrlich für das Gelingen einer Promotion«, sagt Prof. Dr. Sabine Pankuweit, Vizepräsidentin für Gleichstellung und Nachwuchsförderung an der Philipps-Universität. »Die Philipps-Universität vergibt deshalb ab 2020 einen Preis für exzellente Promotionsbetreuung.«

An Zukunftsthemen forschen

Die Einbindung in wissenschaftliche Projekte und Netzwerke ist ein weiterer Erfolgsfaktor für Promovierende. Die Philipps-Universität bietet »Strukturierte Promotionsprogramme« und hat derzeit die Sprecherschaft für fünf von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Graduiertenkollegs (GRK). Diese Programme bieten eine intensive Begleitung der Promovierenden, ein Curriculum von Kursen und viel Freiraum für Eigeninitiativen.

Eine Besonderheit ist die Kooperation der Philipps-Universität mit dem Max-Planck-Institut (MPI) für terrestrische Mikrobiologie. Dort besteht seit 2003 ein herausragendes Promotionsprogramm, das junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der ganzen Welt anzieht. Das Programm der International

Max Planck Research School for Environmental, Cellular and Molecular Microbiology (IMPRS-Mic) bietet interdisziplinäre Weiterbildung in moderner Mikrobiologie, eine Forschungsinfrastruktur auf dem neuesten Stand der Technik und eine Betreuung durch Spitzenforscherinnen und -forscher.

Akademie für den wissenschaftlichen Nachwuchs

Die Personalentwicklung für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ist an der Philipps-Universität in der MARburg University Research Academy (MARA) gebündelt. Die Akademie fördert den Dialog junger Forscherinnen und Forscher über die Grenzen von Wissenschaftskulturen und Disziplinen hinweg. Kernaufgabe von MARA sind fächerübergreifende außerfachliche Weiterbildungen. Promovierende und Postdocs erwerben berufsrelevante Kompetenzen in Forschung und Lehre, Führung und Management. Darüber hinaus bietet MARA finanzielle Förderungen, Beratung und Unterstützung beim Aufbau von Netzwerken.

Planbare Zukunft

Exzellente jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern verlässliche Karrierewege zur Professur zu eröffnen, ist seit vielen Jahren ein Anliegen der Philipps-Universität. 2019 hat die Universität die Förderung von 21 Tenure-Track-Professuren beim Bundesforschungsministerium eingeworben. In Zukunft will die Universität 20 bis 30 Prozent aller planmäßig freiwerdenden Professuren im Tenure-Track-Verfahren besetzen. Damit sollen herausragende Talente gewonnen werden, die das Potenzial aufweisen, zur Profilbildung der Universität beizutragen. Sie erhalten hierfür eine eigene Ausstattung an

Personal und Sachmitteln. Eine wichtige Rolle soll dabei das »Young Faculty Network« spielen. Es bündelt die Unterstützungsangebote, fördert die interne und internationale Vernetzung und gemeinsame Forschungsaktivitäten der Mitglieder. Diese Angebote stehen auch denjenigen offen, die auf anderen befristeten Qualifizierungspositionen arbeiten, zum Beispiel an der Spitze einer Nachwuchsgruppe oder Inhaberrinnen und Inhabern einer Heisenberg-Professur.

Für mehr Professorinnen

Durch eine fächerübergreifende Förderung von Frauen möchte die Philipps-Universität einen Beitrag dazu leisten, dass mehr Wissenschaftlerinnen den Weg zu einer Professur einschlagen. Vor allem familiäre Verpflichtungen führen dazu, dass viele hervorragend qualifizierte Frauen nach der Promotion auf den Sprung in die nächste Qualifikationsstufe verzichten. Die Unterstützung von Frauen beginnt an der Marburger Universität bereits im Studium. In dem Programm ProMotivation werden Studentinnen und Absolventinnen in ihrem Entscheidungsprozess für eine Promotion begleitet.

Die Philipps-Universität ist an dem Programm Mentoring Hessen beteiligt, das verschiedene Förderlinien anbietet. Rund 40 junge Wissenschaftlerinnen wurden 2019 durch eines der Programme gefördert. ProCareer.MINT unterstützt Studentinnen naturwissenschaftlicher und technischer Fächer in ihrer beruflichen und persönlichen Entwicklung. Durch das Programm ProCareer.Doc erhalten Doktorandinnen und Postdocs eine Unterstützung bei ihrer Karriereplanung. (Post-)Doktorandinnen, die eine Wissenschaftskarriere anstreben, werden durch das Programm ProAcademia gefördert. Ziel des Programms ProProfessur ist die wissenschaftliche Profilbildung, strategische Karriereplanung und Unterstützung bei Bewerbungsverfahren für eine Professur.



Foto: Katja Trachte

DER NÄCHSTE SCHRITT ZUR PROFESSUR

Die Marburger Naturschutzbiologin Dr. Katrin Heer nahm am Mentoring-Programm ProProfessur teil. Die Förderung unterstützte sie bei ihrem nächsten Karriereschritt als Wissenschaftlerin: Ab 2020 leitet sie eine Emmy Noether-Nachwuchsgruppe, die zur Phänologie tropischer Baumarten forschet. Die DFG gibt im Emmy Noether-Programm herausragenden jungen Forscherinnen und Forschern die Möglichkeit, sich durch die eigenverantwortliche Leitung einer Nachwuchsgruppe über einen Zeitraum von sechs Jahren für eine Hochschulprofessur zu qualifizieren.

»Im Mentoring-Programm habe ich sehr von den Workshops profitiert, die detaillierte Einblicke in den Ablauf von Bewerbungsverfahren für Professuren vermittelt haben. Sie boten auch den Rahmen für eine kritische Auseinandersetzung mit dem eigenen Forschungsprofil.

Die Treffen mit meiner Mentorin empfand ich als sehr bereichernd, da sie mit mir sehr offen und konstruktiv über meine und ihre wissenschaftliche Karriere diskutiert hat. Sie gab auch den entscheidenden Impuls für meine Bewerbung für eine Emmy Noether-Nachwuchsgruppe und hat mir wertvolle Hinweise für die Antragstellung und später für den Vortrag bei der DFG gegeben.«

WEITERE INFORMATIONEN

Alle Angebote für Promovierende und Postdocs: www.uni-marburg.de/de/forschung/talente/promovieren-in-marburg



Workshop bei MARA

Foto: Rolf K. Wegst

Prof. Dr. Elke Pogge von Strandmann leitet das neue Graduiertenkolleg im Bereich Tumorbiologie.



Foto: Gabriele Neumann

BRÜCKE ZUR WISSENSCHAFTSKARRIERE

Dr. Maria Männig hat 2018 ein einjähriges Brückenstipendium der MARA erhalten. Die Förderung wird aus Mitteln des Professorinnenprogramms von Bund und Ländern finanziert und unterstützt Wissenschaftlerinnen in der Phase, in der sie ein Habilitations- oder Forschungsprojekt konzipieren und Forschungsgelder dafür einwerben. Mit dem Stipendium wurde Männigs Forschungsvorhaben gefördert, das die Bild- und Mediengeschichte des Fachs Kunstgeschichte aus der Perspektive der Diaprojektion betrachtet. Mit dem interdisziplinär angelegten Projekt war die Forscherin am Institut für Medienwissenschaft der Philipps-Universität angesiedelt und wurde von Prof. Dr. Jens Ruchatz (Professur für Medienwissenschaft mit dem Schwerpunkt audiovisuelle Transferprozesse) begleitet.

»Im Rahmen des Stipendiums habe ich einen Projektantrag verfasst und gemeinsam mit Prof. Dr. Hubert Locher eine Tagung zu den ‚Lehrmedien der Kunstgeschichte‘ in Marburg am Deutschen Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg (DDK) durchgeführt. Die Förderung ermöglichte es mir, diese Vorhaben in dem spezifisch interdisziplinär ausgerichteten Umfeld zu realisieren. Durch die Einbindung in die medienwissenschaftliche Lehre konnte ich Erfahrung in einem für mich neuen Fachkontext sammeln. Da ich keine Absolventin der Philipps-Universität Marburg bin, versetzte mich das Format zudem in die Lage, die Institution besser kennenzulernen und hier neue Kontakte zu knüpfen.«



Dr. Maria Männig

Foto: Felix Grünshloß

GRUNDLAGENFORSCHUNG UND THERAPIENTWICKLUNG IM BLICK

Das jüngste Graduiertenkolleg an der Philipps-Universität startet 2020 auf dem Gebiet der Tumorbiologie. Im Mittelpunkt steht das Tumorsekretom, also die Gesamtheit der vom Tumorgewebe abgegebenen Substanzen. Ziel ist es, den Einfluss des Sekretoms auf Tumorwachstum, Metastasierung und Therapieresistenzen zu untersuchen. Die beteiligten Forschungsteams aus Marburg und Gießen wollen herausfinden, ob das Sekretom relevante Biomarker enthält, die für neue Therapieansätze genutzt werden können. »Unser Ziel ist es, ein international wettbewerbsfähiges Forschungszentrum für die strukturierte Ausbildung herausragender Doktorandinnen und Doktoranden in diesem Feld zu etablieren und so zum Ausbau eines international attraktiven Standortes für Tumorforschung in Marburg beizutragen«, sagt die GRK-Sprecherin Prof. Dr. Elke Pogge von Strandmann vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität. »Das GRK trägt zur Ausbildung einer Generation von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern bei, die sich sowohl mit grundlegenden wissenschaftlichen Fragen als auch mit klinischer Forschung befasst.«



DEM GEHIRN BEI DER ARBEIT ZUSCHAUEN

Vorhersagen, Bewerten, Einordnen: Das Gehirn vollbringt Höchstleistungen, wenn es darum geht, die Umwelt zu erfassen. Erfahrungen gehen nicht einfach am Menschen vorüber, sondern prägen sich buchstäblich in unser Gehirn ein. Wie das Bild von der Welt in unseren Köpfen entsteht, ist ein faszinierender Vorgang, der im Mittelpunkt neurowissenschaftlicher Forschung in Marburg steht. In enger Zusammenarbeit mit der Justus-Liebig-Universität Gießen und weiteren Partnern wird beispielsweise das Wunder der alltäglichen Wahrnehmungen und Handlungen erforscht, sei es das Greifen von Gegenständen, das Abschätzen von Geschwindigkeit und wie das Gehirn laufend dazulernt, um Fehler zu vermeiden. Dass dahinter komplexe Vorgänge im Gehirn stattfinden, merkt man erst, wenn sie nicht richtig funktionieren. Deshalb nutzt die Forschung die Erkenntnisse auch, um neurologische Erkrankungen besser zu verstehen und Therapieansätze zu entwickeln. Auch psychische Erkrankungen spiegeln sich im Gehirn wider. Teams der klinischen Neurowissenschaften, der Psychologie und Pharmazie erforschen in groß angelegten Patientenstudien und Tierexperimenten den Zusammenhang von genetischen und Umwelteinflüssen auf die Entstehung beispielsweise von Depressionen oder bipolaren Störungen.

DIE STEUERUNG VON WAHRNEHMUNG UND VERHALTEN

Alles Kopfsache

Eine Seite umblättern, ein Glas abstellen oder einen Ball fangen – bei scheinbar einfachen Handlungen laufen im Gehirn komplexe Prozesse ab. Dass sie nicht selbstverständlich sind, merkt man erst bei Störungen. Forschungsteams aus Marburg und Gießen ergründen, wie das Gehirn funktioniert und mit welchen Mechanismen es die vielen Umweltreize verarbeitet. Die Erkenntnisse helfen unter anderem dabei, neurologische und psychiatrische Erkrankungen zu verstehen.

Früh morgens greifen wir nach einer Tasse aus dem Schrank und stellen sie unter den Auslauf der Kaffeemaschine. Ein Knopfdruck und wir hören und sehen, wie Bohnen gemahlen werden und wie es danach zischt und dampft. Der Duft der Kaffeebohnen strömt uns in die Nase und bald schon genießen wir ihr Aroma. Über einen solchen routinierten Ablauf denken wir nicht bewusst nach, doch das Gehirn nimmt dabei vielfältige Eindrücke wahr und verarbeitet sie: Bewegungen, Geräusche, Gerüche und Geschmack. Wie schafft unser Gehirn das, viele Reize und Bewegungen so zu koordinieren, dass wir eine Handlung erfolgreich durchführen können? Und was passiert im Gehirn, wenn wir danebengreifen und die Kaffeetasse auf dem Boden zerschellt?

Gießener und Marburger Neurowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler, die sich in dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderfor-

DAS UNERWARTETE IM BLICK

Damit unser Gehirn nicht von den unzähligen Sinnesreizen, die es parallel aufnehmen und verarbeiten muss, überlastet wird, filtert es unwichtige Reize heraus und leitet die im jeweiligen Moment wichtigen Informationen ins Bewusstsein weiter. Doch es kommt vor, dass plötzlich etwas Wichtiges passiert, das gerade nicht im Zentrum unserer Aufmerksamkeit steht – beispielsweise, wenn im Straßenverkehr unvermittelt ein Fußgänger die Straße überquert, während man sich auf das vorausfahrende Fahrzeug konzentriert. Bremmer und sein Team haben herausgefunden, dass unser Gehirn eine solche unvorhergesehene Bewegung trotzdem wahrnimmt und vorhersagt, was voraussichtlich als nächstes passiert.

Den Beleg dafür erbrachte das Forschungsteam in diesem Experiment: Die Versuchspersonen saßen vor einem Bildschirm und erhielten die Aufgabe, sich auf einen Punkt in der Bildschirmmitte zu konzentrieren und eine Taste zu drücken, wenn dieser seine Form änderte. Diese

schungsbereich »Kardinale Mechanismen der Wahrnehmung« zusammengeschlossen haben, erklären Wahrnehmung auf der Basis dreier grundlegender Mechanismen: Vorhersage, Bewertung und Kategorisierung. »Mit diesen Mechanismen erstellt und aktualisiert das Gehirn mentale Modelle der Umwelt«, sagt der Marburger Neurophysiker Prof. Dr. Frank Bremmer. »Diese Modelle werden im Gehirn laufend angepasst. Sie ermöglichen uns, den künftigen Zustand unserer Umgebung sowie Konsequenzen unseres Handelns vorherzusagen, mögliche Risiken und Nutzen von Reizen und Reaktionen zu bewerten und die unendliche Menge an Umweltreizen zu kategorisieren, damit das Gehirn sie leichter verarbeiten kann.« Bremmer forscht seit 2014 in dem Forschungsverbund, zusammen mit rund 70 weiteren Forscherinnen und Forschern aus den Fachgebieten Physik, Medizin, Psychologie, Biologie, Sportwissenschaft und Linguistik.

Aufgabe diente jedoch nur dazu, die Aufmerksamkeit zu binden. Das eigentliche Experiment begann damit, dass sich ein zweiter Punkt waagrecht von links nach rechts durch das Sichtfeld bewegte. In der Bildschirmmitte war seine Bewegung abgedeckt. Dahinter bewegte er sich teilweise auf einer anderen Bahn weiter. Während des Experiments wurden die Hirnströme der Testpersonen mit einem Elektroenzephalogramm (EEG) gemessen.

»Wenn es stimmt, dass unser Gehirn die Umwelt laufend überwacht und von uns unbemerkt Vorhersagen über Abläufe macht, dann müsste es auf die unerwartete Änderung des Punktverlaufs reagieren, auch wenn die Aufmerksamkeit auf etwas Anderem liegt«, erklärt Bremmer. Und tatsächlich zeigte sich im EEG bei der plötzlich abweichenden Flugbahn ein verstärktes Hirnstrom-Signal. Die Neurophysikerinnen und -physiker sprechen dabei von »Mismatch-Negativität«. Übertragen auf das Beispiel des plötzlich auftauchenden Fußgängers heißt



Foto: Rolf K. Wegst

das: Weil unser Gehirn eine Vorstellung davon hat, wie der Straßenverkehr um uns herum ablaufen müsste, kann es so schnell auf den Fußgänger reagieren. Sein unerwartetes Auftauchen widerspricht der internen Vorhersage, sodass das Gehirn ein Alarmsignal auslöst – die Mismatch Negativität. Das Ergebnis zeigt, wie sich unser Verhalten an ständig wandelnde Umweltbedingungen anpasst, aber auch stabil bleiben kann gegenüber kurzzeitigen, zufälligen Änderungen.

VORHERSAGEN ENTLASTEN DAS GEHIRN

Das Gehirn unterscheidet Signale, die durch die eigene Bewegung hervorgerufen werden, von Signalen aus der Umwelt. »Um erfolgreich mit der Umwelt zu interagieren, ist es unverzichtbar, die eigenen Handlungen und die durch sie hervorgerufenen Sinneseindrücke wahrzunehmen«, erläutert Prof. Dr. Benjamin Straube vom Fachgebiet Psychiatrie der Universität Marburg. Die Wirkungen eigener Handlungen sind normalerweise vorhersehbar. So sehen wir beispielsweise beim Klopfen an eine Tür die Handbewegung, spüren den Druck gegen die Fingerknöchel und hören das Klopfgeräusch. In der Forschung wurden Vorhersage-Mechanismen im Gehirn lange Zeit nur für einzelne Sinneseindrücke untersucht – zum Beispiel für sichtbare, hörbare oder tastbare Reize. Straube und ein mittelhessisches Forschungsteam aus der Psychologie und Medizin interessierte jedoch, wie das Gehirn die Wirkung von Handlungen vorhersagt, an denen mehrere Sinne gleichzeitig beteiligt sind.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler führten Experimente durch, in denen Sehen und Hören kombiniert wurden, nämlich Punkte auf einem Bildschirm und Töne über Kopfhörer. Die Testpersonen lösten die Reize entweder selbst per Knopfdruck aus oder nahmen sie passiv wahr. Um zu beobachten, wie das Gehirn die Reize verarbeitet, wird ein Magnetresonanztomograph (MRT) genutzt. Mit diesem Bildgebungsverfahren lässt sich indirekt Hirnaktivität messen. Das Team beobachtete folgendes: Als die Testpersonen selbst die Reize auslösten, war die Aktivierung in den Hirnregionen, die für die Verarbeitung visueller und akustischer Reize zuständig sind, deutlich niedriger als in der Situation, in der sie die Reize passiv empfingen. »Offenbar muss das Gehirn weniger arbeiten, wenn wir das Auftreten eines Tons

GESCHWINDIGKEIT EINSCHÄTZEN

Einen Großteil der Sinneseindrücke nehmen wir über die Augen wahr. Wir sammeln Informationen über unsere Umgebung, indem wir die Augen zu verschiedenen Punkten bewegen. Doch es gibt immer viele mögliche Ziele für Augenbewegungen. Um zu entscheiden, ob und wohin sich die Augen bewegen sollen, müssen wir die möglichen Ziele bewerten. Der Marburger Psychologe Prof. Dr. Alexander Schütz und Gießener Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben untersucht, wie Augenbewegungen unsere visuelle Wahrnehmung beeinflussen.



Mit dem Eyetracker werden Augenbewegungen verfolgt.

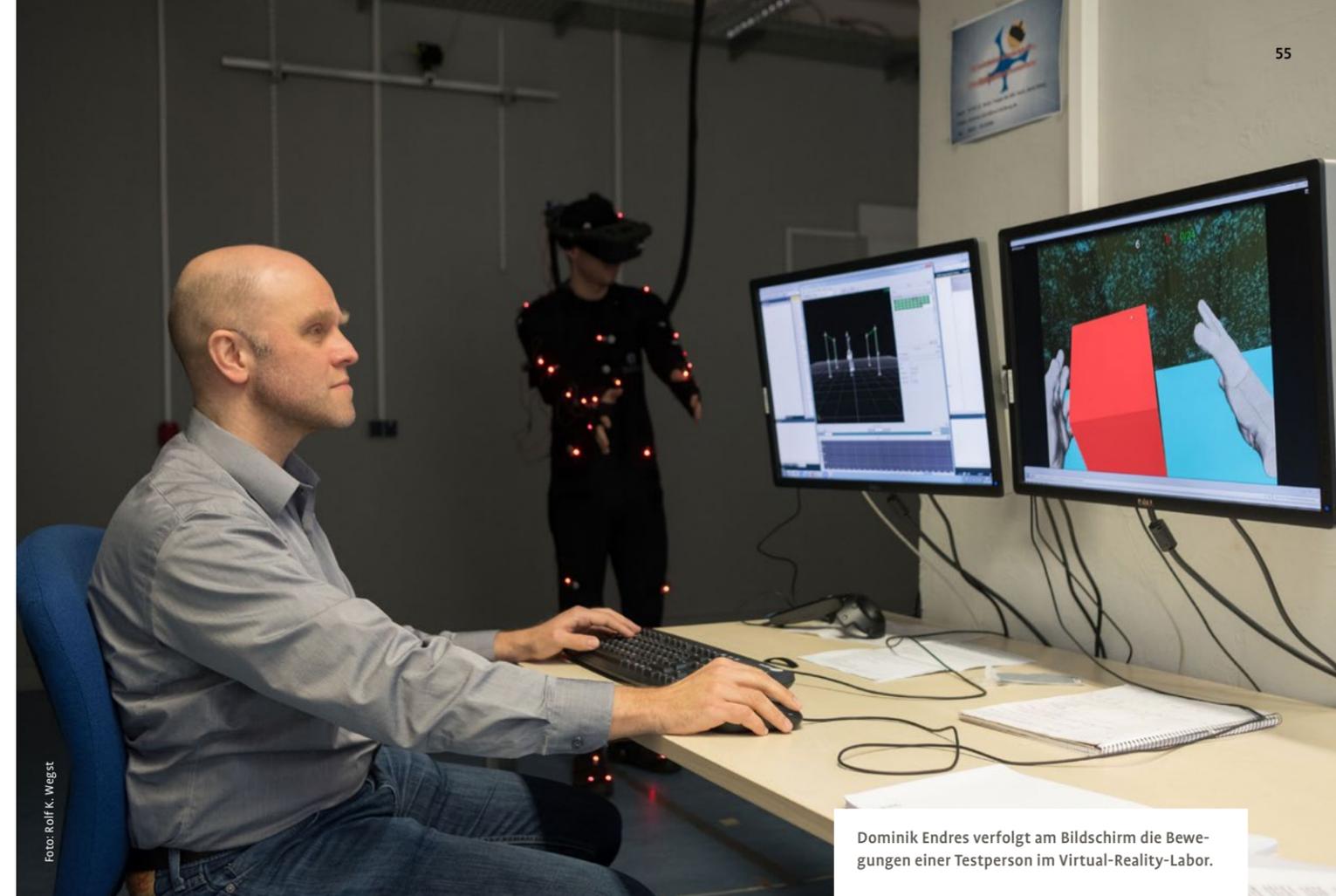
Wie schafft es das Gehirn beispielsweise, die Aufschrift auf einem fahrenden Bus wahrzunehmen? »Damit wir die Schrift lesen können, muss die Fovea, das ist der Punkt des schärfsten Sehens auf der Netz-

oder Punkts auf dem Bildschirm vorhersagen können«, sagt Straube. »Diese Vorhersage-Mechanismen sind im Kleinhirn lokalisiert.«

Mit diesen Erkenntnissen lassen sich neurologische und psychiatrische Krankheiten besser verstehen. Ein Beispiel: Während bei Gesunden die Unterscheidung von eigenem und fremdem Handeln wie selbstverständlich funktioniert, können an Schizophrenie erkrankte Menschen Handlungen nicht zweifelsfrei sich selber oder anderen zuordnen. Die Forscherinnen und Forscher untersuchen nun, wie die Wahrnehmung bei Schizophrenie-Patienten genau funktioniert und was die Ursache für die fehlerhaften Verarbeitungsmechanismen sind.

haut, auf die Anzeige gerichtet werden«, erläutert Schütz. Dabei gibt es zwei verschiedene Augenbewegungen. Das eine sind sehr schnelle Blicksprünge von einem Punkt zum nächsten, sogenannte Sakkaden, die zum Beispiel auch beim Lesen eines statischen Textes vorkommen. Das andere sind glatte Augenfolgebewegungen (Pursuit), bei denen sich die Augen kontinuierlich bewegen, um bewegten Objekten zu folgen. So können Menschen ihre Augenbewegung an die Geschwindigkeit eines vorbeifahrenden Busses anpassen und auf der Anzeige lesen, wohin er fährt.

»Ist das Blickziel zu weit entfernt oder bewegt es sich zu schnell, benötigt das Pursuitsystem die Unterstützung des Sakkadensystems«, sagt Schütz. »Über das Zusammenspiel dieser verschiedenen Augenbewegungen und ihre Auswirkungen auf die visuelle Wahrnehmung ist noch relativ wenig bekannt.« Das Forschungsteam wollte herausfinden, welchen Einfluss Sakkaden – also Blicksprünge – auf die Geschwindigkeitswahrnehmung haben. Die Psychologinnen und Psychologen wählten Versuchsbedingungen, bei denen der gleiche Reiz entweder nur mit Pursuit oder mit einer Kombination aus Pursuit und Sakkaden verfolgt wurde. Versuchspersonen hatten die Aufgabe, einem sich horizontal bewegenden Punkt mit ihren Augen so genau wie möglich zu folgen und anschließend dessen Geschwindigkeit einzuschätzen. »Überraschenderweise stellten wir fest, dass Sakkaden die wahrgenommene Geschwindigkeit des Zielobjekts beeinflussen«, berichtet Schütz. Personen, die eine Sakkade ausführten, um mit dem Auge dem Objekt zu folgen, schätzten seine Geschwindigkeit höher ein. Führten sie einen Blicksprung in die Gegenrichtung aus, wurde die Geschwindigkeit langsamer eingeschätzt. Wurden nur Pursuitbewegungen ausgeführt, stimmten die geschätzte und die tatsächliche Geschwindigkeit überein.



Dominik Endres verfolgt am Bildschirm die Bewegungen einer Testperson im Virtual-Reality-Labor.

AUS FEHLERN LERNEN

Augenbewegungen werden unter anderem vom Kleinhirn gesteuert. Schon bei einfachen Aufgaben wie Blicke von links nach rechts oder von oben nach unten kann es kleine Abweichungen geben. Dann senden die Nervenzellen im Kleinhirn Alarmsignale aus – und zwar kurz bevor wir eine Augenbewegung erneut ausführen. »Das trägt dazu bei, dass wir lernen und die Bewegung beim nächsten Mal anpassen«, sagt der Marburger Psychologe Prof. Dr. Dominik Endres. Er hat die Vorgänge zwischen Kleinhirn und Augenbewegungen zusammen mit Tübinger Neurowissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern untersucht. »Bekannt war, dass das Kleinhirn in den Purkinjezellen alle Informationen sammelt, die für eine optimale Bewegung erforderlich sind. Dazu gehören auch Signale aus sogenannten Kletterfasern. Deren Funktion war jedoch noch nicht genau entschlüsselt«, berichtet Endres.

Ein Experiment brachte Klarheit darüber, dass die Kletterfasern eindeutig für Fehler-signale zuständig sind: Rhesusaffen verfolgten auf einem Bildschirm einen Punkt, der hin und wieder seinen Abstand zur Mitte veränderte, sodass er dort erschien, wo ihn die Tiere nicht erwarteten. Ihre Blicke landeten somit neben dem Ziel. Die Messung der Purkinjezellen im Gehirn der Affen zeigte, dass die Kletterfasern im Moment des Bewegungsfehlers ein Signal senden. Kurz bevor die Tiere erneut eine Augenbewegung ausführten, wurde das Signal ebenfalls gesendet, und zwar abhängig von dem zuvor gemachten Fehler. Offenbar erinnert sich das Kleinhirn an Fehler und sorgt dafür, dass sie nicht noch einmal gemacht werden. Das Kleinhirn steuert auf diese Weise nicht nur die Augen, sondern auch andere Bewegungen wie das Heben einer Tasse, Zähneputzen, Tastaturschreiben oder Sprechen. Patienten mit Multipler Sklerose, Ataxie, Schlaganfällen oder Hirntumoren leiden darunter, dass sie Bewegungen nicht präzise steuern können. Die Forscherinnen und Forscher hoffen, dass ihre Erkenntnisse langfristig dazu beitragen, dass Behandlungen für diese Erkrankungen entwickelt werden können.

EMOTIONEN IN WORTE FASSEN

Beim Thema Wahrnehmung geht es häufig darum, wie wir Objekte erleben und unser Verhalten auf sie ausrichten, und wie Erkrankungen dazu führen, dass Menschen Raum- und Bewegungsinformationen nicht richtig verarbeiten, oder Objekte zwar richtig sehen, aber nicht greifen können. Davon unterscheidet sich die Wahrnehmung von Emotionen. Sie sind Konstrukte des menschlichen Geistes. Sie werden über Sprache vermittelt, man kann sie nicht sehen oder greifen. Emotionen zu erkennen und zu benennen gehört zur menschlichen Kommunikation und ist die Basis für soziale Beziehungen. Die Marburger Expertin für Klinische Linguistik, Prof. Dr. Christina Kauschke, geht mit ihrem Team der Frage nach, wie Menschen Gefühle ausdrücken und wie sie Wörter oder Gesichtsausdrücke für Gefühle verstehen und verarbeiten. Welche Folgen hat es, wenn die Kommunikation über Gefühle misslingt? Dazu untersucht Kauschkes Team Kinder verschiedener Altersstufen mit und ohne Sprachauffälligkeiten.

Gemeinsam mit der Gießener Entwicklungspsychologin Prof. Dr. Gudrun Schwarzer befasst sich Kauschke damit, wie Kinder emotionale Informationen bei der Kategorisierung von Wörtern und Gesichtern verarbeiten. In einer ihrer Studien ging es darum, wie Kinder im Grundschulalter Wörter wahrnehmen, mit denen Gefühle ausgedrückt werden. Kindern im Alter von sechs und neun Jahren sowie Erwachsenen wurden 24 Emotionswörter vorgespielt. Als erste Aufgaben sollten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer angeben, ob sie die Wörter kennen, und sie in der zweiten Aufgabe als positiv oder negativ bewerten. Drittens erhielten sie Lückensätze, die sie mit einem von vier angebotenen Begriffen ergänzen sollten. Beispiel: Wenn ich zu spät heimkomme, machen sich meine Eltern... Sorgen – Angst – Hoffnung – Essen. Bei der vierten Aufgabe vervollständigten die Kinder Lückensätze mit passenden Emotionswörtern, ohne Vorgaben. Zum Beispiel: Wenn mir der Bus vor der Nase wegfährt, habe ich – Pech.

Die sechsjährigen Kinder gaben für die ersten drei Aufgaben zu über 80 Prozent korrekte oder passende Antworten, die Neunjährigen zu über 90 Prozent. Der Wert der Erwachsenen lag bei rund 98 Prozent. Bei der schwierigsten Aufgabe, produktiv ein angemessenes Wort für die Vervollständigung von Lückensätzen zu finden, fiel das Ergebnis bei allen etwas schlechter aus. »Das Alter zwischen sechs und neun Jahren scheint eine Phase zu sein, in der sich die Verarbeitung von Emotionswörtern stark weiterentwickelt. Die Leistungen der Neunjährigen entsprechen zwar noch nicht ganz denen von Erwachsenen, doch sie lassen sich als weitestgehend ausgereift bewerten«, resümiert Kauschke.

Mit der Aneignung von Begriffen, mit denen sich Gefühle ausdrücken lassen, machen die Kinder wichtige Schritte zum Aufbau abstrakter Kategorien. »Das ist für die weiteren kognitiven und sprachlichen Anforderungen im Schulalter wesentlich«, sagt die Wissenschaftlerin. Darüber hinaus fördere die Fähigkeit, über Gefühle zu kommunizieren, die emotionalen Kompetenzen wie etwa die Emotionsregulation und sei daher für die Gesamtentwicklung der Kinder von großer Bedeutung. »Es wirkt sich günstig auf die emotionale und sprachliche Entwicklung von Kindern aus, wenn in Familien über emotionale Erlebnisse gesprochen wird«, betont Kauschke. In weiterführenden Studien wird untersucht, wie Kinder mit Sprachentwicklungsstörungen Gefühlsausdrücke verarbeiten.

Gebündelte Kompetenzen

Die vorgestellten Forschungsarbeiten sind Teil der insgesamt 19 Projekte des Sonderforschungsbereichs »Kardinale Mechanismen der Wahrnehmung«. Der Forschungsverbund gehört zu dem 2018 gegründeten »Center for Mind, Brain and Behavior« (CMBB) – eine interdisziplinär ausgerichtete wissenschaftliche Einrichtung der Universitäten Marburg und Gießen innerhalb des Forschungscampus Mittelhessen. Im CMBB vernetzen sich zahlreiche Forschungsverbände, Projekte und Graduiertenkollegs zu Fragen, die die Funktionsweise des Gehirns betreffen. »Marburger und Gießener Forscherinnen und Forscher arbeiten seit 2004 auf dem Gebiet der Neurowissenschaften zusammen«, sagt Frank Bremmer, geschäftsführender Direktor des CMBB. »Mit der Gründung des Zentrums bündeln wir die Kompetenzen von aktuell rund 250 Mitgliedern.«

Auch die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses haben die beiden Universitäten im Blick: Bremmer leitet seit 2013 das Internationale Graduiertenkolleg »The Brain in Action« – eine deutsch-kanadische Kooperation. Promovierende erhalten in dem Kolleg eine eingehende Ausbildung in Theorie und experimentellen Techniken. »Eine hervorragende Qualifikation und internationale Vernetzung sind entscheidend für weitere Fortschritte in den Neurowissenschaften«, betont Bremmer.



Foto: Rolf K. Wegst

Testperson mit Bewegungssensoren

SOFTWARE VERBESSERT PARKINSON-DIAGNOSEN

Anwendungsnahe Projekte ergänzen die Grundlagenforschung des Forschungsverbundes und des CMBB. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung einer Software zur frühen Diagnose neuropsychiatrischer Erkrankungen, zu denen auch die Parkinson-Krankheit gehört. Das Ziel des vom Bundesforschungsministerium geförderten Projekts ist, Augenbewegungen als eine Art Biomarker für Erkrankungen zu nutzen. »Krankheiten wie Morbus Parkinson oder Schizophrenie weisen subtile, aber charakteristische Veränderungen bei den Augenbewegungen auf. Diese können durch spezielle intelligente Algorithmen erkannt werden«, erläutert der Neurowissenschaftler Frank Bremmer. Seine Arbeitsgruppe entwickelt und validiert die Soft- und Hardware zusammen mit dem Marburger Neurologen Prof. Dr. Lars Timmermann und dem Medizintechnik-Unternehmen Thomas Recording GmbH, einer Ausgründung aus der Universität Marburg mit Sitz in Gießen. Dort arbeitet Dr. Stefan Dowiasch, der als Doktorand und Post-Doc in der Arbeitsgruppe von Bremmer wichtige Vorarbeiten für die Diagnose-Software geleistet hat und nun an ihrer Weiterentwicklung bis zur Marktreife mitwirkt.

»Die neue Software funktioniert auf handelsüblichen Tablets und wird derzeit mit Kranken und Gesunden getestet«, erläutert Bremmer. So läuft die Untersuchung ab: Die Testpersonen schauen auf das Display und folgen mit ihren Augen Punkten, die sich hin und her bewegen. Eine in das Tablet integrierte Videokamera nimmt die Kopf- und Augenbewegungen auf. Der Vorteil des mobilen Systems ist, dass die Messungen zu Hause durchgeführt werden können, nicht nur im Labor. Der Augenbewegungstest ermöglicht frühe und genaue Diagnosen einer Schädigung. So ist es zum Beispiel charakteristisch für Patienten mit PSP, einer Parkinson-ähnlichen Erkrankung, dass sie keine vertikalen Augenbewegungen machen können.

Bislang werden neuropsychiatrische Krankheiten hauptsächlich aufgrund ihrer Symptome, zum Beispiel motorische Störungen, verlangsamte Bewegungen und Zittern oder durch die Auswertung von aufwändigen bildgebenden Verfahren festgestellt. Da die Symptome anfangs unspezifisch sind, vergehen oft mehrere Jahre bis Betroffene eine Diagnose erhalten. Das mobile System soll dazu beitragen, dass wesentlich früher als bisher korrekte und individuelle Therapien durchgeführt werden. ■

PROFIL

Projekt:
Kardinale Mechanismen der Wahrnehmung:
Prädiktion, Bewertung, Kategorisierung
(DFG SFB-TRR 135)

Sprecher:
Prof. Dr. Karl Gegenfurtner (Gießen)

Vorstand:
Prof. Dr. Frank Bremmer,
Prof. Dr. Anna Schubö,
Prof. Dr. Alexander Schütz (Marburg),
Prof. Dr. Katja Fiehler,
Prof. Dr. Gudrun Schwarzer,
Dr. Jutta Billino, Dr. Philipp Schmidt (Gießen)

Beteiligte:
Justus-Liebig-Universität Gießen, Philipps-
Universität Marburg

Fachgebiete:
Physik, Medizin, Psychologie, Biologie,
Sportwissenschaft und Linguistik

Laufzeit:
seit 2014

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt:
www.allpsych.uni-giessen.de/sfb/index_de.html
Internationales Graduiertenkolleg »The Brain in Action«:
www.uni-marburg.de/en/irtg1901/irtg1901
Center for Mind, Brain and Behavior (CMBB):
www.cmbb-fcmh.de/de
Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmh.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/Geist_Gehirn_und_Verhalten

NEUROBIOLOGIE PSYCHISCHER ERKRANKUNGEN

Traumata hinterlassen Spuren im Gehirn

Gene oder Umwelt – was verursacht psychische Erkrankungen? Die Antwort lautet: beides. Doch wie diese Faktoren zusammenwirken, ist noch unbekannt. Eine Forschungsgruppe aus Marburg führt breit angelegte Studien und Experimente durch, um den Ursachen psychischer Erkrankungen auf die Spur zu kommen. Schon jetzt ist absehbar: Die klassische Diagnostik reicht nicht, um den Einfluss von Gen-Umwelt-Interaktionen auf die Gehirnentwicklung zu verstehen.

Viele Menschen leiden phasenweise unter Traurigkeit, Angst oder Antriebslosigkeit. Meistens sind solche Symptome nach kurzer Zeit wieder vorüber. Bei einigen können sie aber auch so stark sein oder so lange anhalten, dass eine psychische Störung vorliegt. Psychische Erkrankungen sind sehr häufig und betreffen rund ein Drittel der Bevölkerung mindestens einmal im Leben. Sie können aber gut behandelt werden. Die von dem Marburger Mediziner Prof. Dr. Tilo Kircher geleitete, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Forschungsgruppe »Neurobiologie affektiver Störungen« will herausfinden, warum das so ist und warum das Gehirn beispielsweise bei einer Depression oder einer bipolaren Störung anders funktioniert als im gesunden Zustand. »Die Vulnerabilität für psychische Erkrankungen basiert auf zwei Faktoren«, sagt Kircher. »Der erste Faktor ist die genetisch bedingte Anfälligkeit, der zweite Faktor sind Umwelteinflüsse in Kindheit und Jugend, wie zum Beispiel soziale Isolation, Misshandlung, Migration, Cannabismisbrauch oder das Aufwachsen in der Großstadt.« An der Forschungsgruppe beteiligen sich rund 50 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Medizin, Psychologie und Pharmazie. Sie kommen aus Marburg, Münster, Bonn, Mannheim, Kiel, München und Zürich.

Kircher erläutert den Ansatz der Forschungsgruppe: »Wir gehen weg von der klassischen kategorialen Diagnostik psychischer Erkrankungen, wonach beispielsweise die Kombination verschiedener Symptome wie Antriebslosigkeit, Interessenverlust, Konzentrationsstörungen, Reizbarkeit und unspezifische Schmerzen zu der Diagnose Depression führt.« In den letzten hundert Jahren wurde in der Forschung nach somatischen Korrelaten zu den Symptomen gesucht, also nach Zusammenhängen zwischen seelischen und körperlichen Phänomenen – zum Beispiel im Gehirn und im Blut. »Aber es wurde wenig gefunden, was Eingang in die Therapie hatte«,

sagt Kircher. »Jetzt wollen wir neue Kategorien bilden. Sie basieren nicht mehr nur auf Symptomen, sondern auf Konstellationen von Genen, Umweltfaktoren, Lebensereignissen, Hirnstrukturen und verschiedenen Blutwerten.« Mit einer solchen umfassenden Betrachtung will die Forschungsgruppe dazu beitragen, dass Diagnosen wie zum Beispiel Depression differenzierter gestellt und gezielter therapiert werden.

Das gesamte Genom wird durchleuchtet

Die Forschungsgruppe startete eine Studie mit 2.500 Testpersonen aus Marburg und Münster. »Die große Stichprobe ist wichtig, um valide Ergebnisse zu erhalten«, betont Kircher. Teilgenommen haben 1.000 Patienten mit Depression oder bipolarer Störung sowie 500 gesunde Testpersonen mit genetischen oder umweltbedingten Risikofaktoren sowie 1.000 Gesunde ohne Risikofaktoren. Von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurden Gehirn-Aufnahmen mit dem Magnetresonanztomographen (MRT) gemacht. Während sie Bilder von Menschen betrachteten, die Trauer, Wut oder Freude zeigten, sind MRT-Aufnahmen gemacht worden, die darstellen, wie das Gehirn im Bereich der Amygdala Emotionen verarbeitet. Auch wie sich die Gehirnaktivität im Hippocampus beim Merken von neuen Gesichtern im MRT darstellt, interessierte das Forschungsteam. Mithilfe von sogenannten diffusionsgewichteten MRT-Sequenzen untersuchten sie die weiße Substanz im Gehirn, das sind die neuronalen Verbindungen zwischen den Hirnarealen, die hoch vernetzt sind.

Einen weiteren Baustein des Projekts bildet die Analyse von Biomaterialien wie Blut, Haare, Stuhlproben und Speichel. »Aus dem Genom jedes Einzelnen ergeben sich etwa eine Million Datenpunkte«, berichtet Kircher. »Weiterhin untersuchen wir zum Beispiel Entzündungsparameter im Blut sowie Bakterien im Darm, deren Zusammensetzung auf das Risiko für psychische

Gehirn-Aufnahmen
mit dem MRT

Gesundheit oder Krankheit hinweisen könnten.« Darüber hinaus fanden ausführliche Interviews mit den Testpersonen zu ihrer Lebensgeschichte, früheren Krankheiten und bedeutsamen Ereignissen statt. Zwei und fünf Jahre nach der ersten Datenerhebung wurden die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer erneut untersucht – einschließlich der MRT-Bildgebung und Biomaterialanalyse. »Die zweite Untersuchung ist ganz wichtig«, betont Kircher. »Uns interessiert, wie Veränderungen in den Hirnstrukturen und -funktionen im Zeitverlauf fortschreiten und inwieweit man voraussagen kann, wie sich psychische Erkrankungen entwickeln und welches Rückfallrisiko jemand hat, sodass wir hoffentlich in Zukunft einmal in der Lage sein werden, einen drohenden Rückfall zu verhindern.«

Gene verändern Hirnstrukturen

Zu den Leistungen der Forschungsgruppe gehört eine Studie mit über 1.600 gesunden und depressiven Probandinnen und Probanden aus Marburg und Münster, die exemplarisch belegt, dass das genetische Risiko für eine psychische Erkrankung mit Veränderungen der Hirnstruktur zusammenhängt. Der Mediziner Dr. Nils Opel

aus Münster hat sich mit Neurotizismus befasst, einer Persönlichkeitseigenschaft, die die emotionale Labilität eines Menschen bezeichnet. Jeder Mensch trägt diese Eigenschaft in sich – sie ist eine der fünf fundamentalen Persönlichkeitsdimensionen, zusammen mit Extraversion, Verträglichkeit, Offenheit und Gewissenhaftigkeit. Wie geht jemand mit Stress um, wie reagiert er auf andere Menschen, wie sieht er sich in der Welt? Menschen mit einem hohen Neurotizismus-Wert haben ein Risiko für Depression, Schizophrenie, Angststörung oder Sucht. Neurotizismus hat eine bestimmte genetische Basis. Opel untersuchte, welche Hirnstrukturen den genetischen Variationen im Genom eines Menschen mit hohem Neurotizismus-Wert entsprechen. Es zeigte sich, dass das genetische Risiko für Neurotizismus mit einer verringerten Oberfläche in bestimmten Bereichen der Großhirnrinde verbunden ist. Diese sind an kognitiven Prozessen wie Körperwahrnehmung oder Ausdrucksformen wie Mimik und Gestik beteiligt. »Die Entdeckung dieses Zusammenhangs zwischen Genen und Hirnstruktur ist interessant, weil wir dadurch die Ursachen vieler psychischer Erkrankungen besser verstehen«, sagt Kircher.

In einem neurowissenschaftlichen Verhaltensexperiment wird die Reaktion von Ratten auf positive Rufe von Artgenossen untersucht.

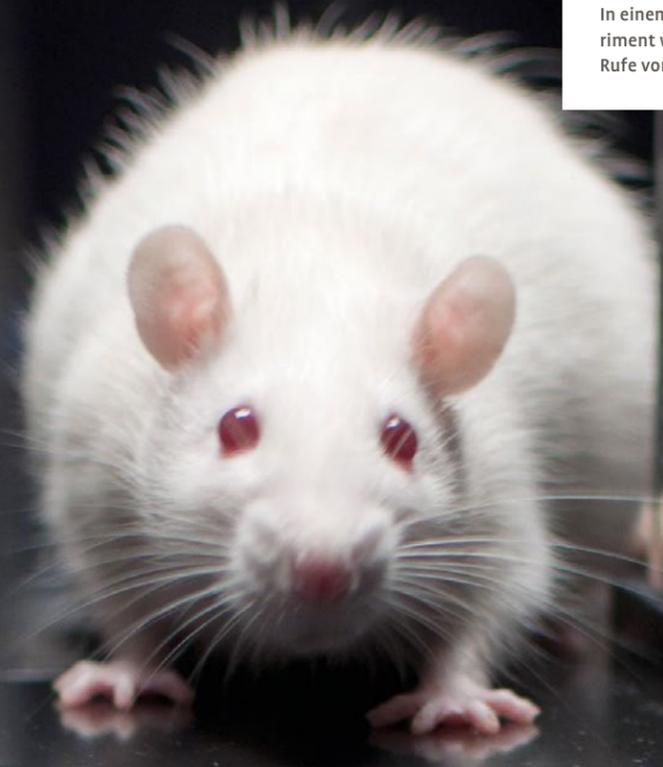


Foto: Jakob Vörckel

Prägende Kindheitserfahrungen

Wer eine Kindesmisshandlung erlebt hat, ist in höherem Maße gefährdet, an einer Depression zu erkranken. Wie wirkt sich ein solcher Umweltfaktor auf das Gehirn aus? Bekannt ist, dass bei Menschen mit Depressionsneigung die Nervenfaserverbindungen, über die unterschiedliche Hirnbereiche miteinander kommunizieren, an bestimmten Stellen leicht reduziert sind. Könnte das an negativen Erfahrungen in der Kindheit liegen? Die Marburger Professoren Axel Krug, Andreas Jansen, Igor Nenadic und Tilo Kircher sowie der Münsteraner Professor Udo Dannlowski haben dies an zwei großen Stichproben mit über 1.200 gesunden und depressiven Testpersonen untersucht. Depressive Patienten berichteten häufiger als Gesunde von negativen Erfahrungen in der Kindheit. Sowohl die gesunden als auch die depressiven Probandinnen und Probanden wiesen reduzierte Nervenfaserverbindungen auf, wenn sie traumatische Kindheitserlebnisse hatten. »Dieses Ergebnis zeigt,

dass sich negative Erfahrungen und damit verbundener chronischer Stress besonders in kritischen Entwicklungsphasen des Gehirns in der Kindheit und Jugend auf den Organismus auswirken und die Entwicklung des zentralen Nervensystems bis ins Erwachsenenalter prägen können«, so Kircher.

Gendefekt dämpft Spielfreude

Um grundlegend zu verstehen, wie Gene und Umwelt an der Entstehung psychischer Erkrankungen beteiligt sind, setzt die Forschungsgruppe auch auf Tiermodelle, bei denen sich genetische und Umwelteinflüsse nicht nur wie beim Menschen genau erfassen, sondern vor allem auch spezifisch manipulieren lassen. Ein Team um die Marburger Psychologen Dr. Markus Wöhr und Prof. Dr. Rainer Schwarting untersucht hierzu das Verhalten und die Kommunikation von Ratten, die gezielt gentechnisch verändert wurden. Die Wissenschaftler befassten sich mit dem Gen *Cacna1c* – beim Menschen bekannt als

Risiko-Gen für bipolare Störungen, Schizophrenie, Depressionen und Autismus. Das Gen enthält Informationen über einen für Nervenzellen wichtigen Kalziumkanal. Diese Kanäle befinden sich unter anderem im Hippocampus, dem Zentrum für Lernen und Gedächtnis, und im präfrontalen Cortex, der für die komplexe Steuerung und das Zusammenspiel von Emotionen, Verhalten und Erleben zuständig ist. »Wir wollten die Funktion des Gens genauer betrachten«, berichtet Wöhr. »Deshalb haben wir Tiere, die im Wildtyp zwei Kopien von *Cacna1c* haben, und genveränderte Tiere mit nur einer intakten Kopie des Gens, miteinander verglichen.«

Ratten weisen ein hoch entwickeltes Sozialverhalten auf. Tests sollten zeigen, ob sich die Ratten mit nur einer Kopie des *Cacna1c*-Gens auffällig verhalten. Das Forschungsteam beobachtete zunächst das Spielverhalten. »Wenn junge Ratten spielen und raufen, produzieren sie positive Laute in einer Ultraschallfrequenz um die 50 Kilohertz«, berichtet Wöhr. »Das Spielen empfinden sie als Belohnung.« Die genveränderten Ratten gaben jedoch weniger positive Laute von sich als ihre Wildtyp-Artgenossen. Sie empfanden das Spielen als weniger belohnend. Dann wollte das Team wissen, was passiert, wenn den Tieren positive Rufe vorgespielt werden. »Wildtyp-Ratten greifen den Laut auf, wollen Kontakt aufnehmen und beginnen, nach dem Artgenossen zu suchen«, sagt Wöhr. »Die Tiere mit nur einer Kopie des *Cacna1c*-Gens suchen weniger Kontakt. Das heißt, die Verhaltensdefizite bestehen sowohl beim Senden als auch beim Empfangen der Rufe.«

Positive Umgebung schützt vor Erkrankung

Das Forschungsteam wollte außerdem herausfinden, inwieweit Umweltfaktoren wie etwa soziale Vernachlässigung im Kindes- und Jugendalter krankheitsfördernd wirken – sowohl bei den Wildtyp-Ratten als auch bei den genveränderten Tieren mit nur einer Kopie des *Cacna1c*-Gens. Sie trennten jugendliche Ratten beider Genotypen voneinander und hielten sie vier Wochen lang sozial isoliert. Andere Tiere wurden normal in Gruppen gehalten. Eine dritte Gruppe erhielt ein besonders anregendes Umfeld, in dem die Tiere im Sozialverband lebten, viel Platz und viele Spielmöglichkeiten hatten. Nach mehreren Monaten, als die Tiere schon im Erwachsenenalter waren, testeten die Forscherinnen und Forscher, wie schnell die Tiere den Ort finden und erinnern, an dem das Futter liegt, und wie schnell sie umlernen können, wenn der Futterort verändert wird. Die isolierten Tiere zeigten Defizite – sie lernten langsamer und konnten sich schwerer auf eine neue Situation umstellen. Bei den normal gehaltenen Tieren schnitten die genveränderten Ratten schlechter als der Wildtyp ab. »Die besten Leistungen zeigten die Ratten, die in einem sogenannten angereicherten Umfeld lebten«, sagt Wöhr. »Dabei gab es kaum Unterschiede zwischen den Genotypen. Das weist darauf hin, dass ein positives Umfeld als Schutzfaktor

gegen psychische Erkrankungen wirkt und genetische Risikofaktoren ausgleichen kann.«

Isolation führt nicht nur zu negativen Effekten bei kognitiven Fähigkeiten. Sie bewirkt auch Veränderungen im Gehirn, die das Sozialverhalten beeinträchtigen. »In Zusammenarbeit mit dem ehemals Marburger und jetzt Züricher Neurowissenschaftler Prof. Dr. Gerhard Schrott haben wir festgestellt, dass die isolierten Tiere im Hippocampus einen stark erhöhten Anteil an microRNA 134 haben«, berichtet Wöhr. »Wir vermuteten, dass diese kleinen Ribonukleinsäure-Moleküle das Sozialverhalten bremsen. Ein Test mit Mäusen, bei denen wir die microRNA 134 ausgeschaltet haben, ergab, dass sich diese Tiere besonders sozial verhielten. Das bestätigt, dass es eine Verbindung zwischen diesem Molekül und der Regulation des Sozialverhaltens gibt.«

Biotypen identifizieren

Die Forschungsgruppe hat in ihren Studien eine riesige Datenmenge zusammengetragen. Fachleute für medizinische Informatik und Statistik sorgen dafür, dass der Datenpool genutzt werden kann. Sie entwickeln statistische Analysemethoden (»maschinelles Lernen«), mit denen die wichtigsten Punkte aus den Daten herausdestilliert werden. »Wir brauchen diese Auswertungen, damit wir aus den vielschichtigen Daten zum Beispiel Patientencluster bilden können. So lassen sich Biotypen neuer psychischer Erkrankungen identifizieren. Das ist die Basis, um Krankheitsverläufe vorausszusehen und neue Therapien zu entwickeln«, sagt Kircher. Die Forschungsgruppe teilt ihre Daten auch mit anderen Konsortien im Bereich der Neurowissenschaften. Das ermöglicht, Ergebnisse auf der Basis großer Stichproben unabhängig zu überprüfen, und den größtmöglichen Nutzen für das gesamte Forschungsfeld zu erzielen. ■

PROFIL

Projekt: Neurobiologie affektiver Störungen (DFG FOR 2107)

Sprecher: Prof. Dr. Tilo Kircher (Marburg)

stellvertretender Sprecher: Prof. Dr. Udo Dannlowski (Münster)

Beteiligte: Philipps-Universität Marburg, Westfälische Wilhelms-Universität Münster sowie Forscherinnen und Forscher der Universitäten in Bonn, Mannheim, Kiel, München und Zürich

Fachgebiete: Medizin, Psychologie, Neurowissenschaften, Pharmazie

Laufzeit: seit 2014

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt: www.for2107.de

Center for Mind, Brain and Behavior (CMBB): www.cmbb-fcmh.de/de

Forschungscampus Mittelhessen:
[www.fcmh.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/
Geist_Gehirn_und_Verhalten](http://www.fcmh.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/Geist_Gehirn_und_Verhalten)

Brutstätte für Gründungen

Vieles, was an der Universität erforscht wird, trägt das Potenzial für ein marktfähiges Produkt in sich. Doch Forscherinnen und Forscher sind in der Regel keine Unternehmerinnen oder Unternehmer. Wer aus der Universität heraus ein Unternehmen aufbauen will, findet an der Philipps-Universität vielfältige Unterstützung. MAFEX bringt Existenzgründungen auf den Weg – mit Beratung und Qualifizierung. Neu sind das Startup-Lab in der Universität und ein Netzwerk für Gründungsförderung.

Im Turm C der philosophischen Fakultät (Philfak) an der Philipps-Universität, dem Historikerturm, haben die Studierenden der Geschichte seit April 2019 neue Gesellschaft. Drei Räume sind für Existenzgründerinnen und -gründer reserviert. Studierende und Beschäftigte der Universität können hier ihre Geschäftsideen entwickeln. Die neue Brutstätte für Unternehmensgründungen ist als Coworking-Space eingerichtet. Fünf bis sechs Gründungsprojekte mit jeweils zwei bis drei Personen können hier gleichzeitig arbeiten. Die Europäische Union beteiligt sich an der Finanzierung des Marburger Projekts. Es geht jedoch nicht nur um Räume. Die Teams erhalten begleitende Trainings, Coachings und Beratung für ihre Unternehmensgründung.

Hinter dem Projekt steht das Marburger Institut für Innovationforschung und Existenzgründungsförderung, kurz MAFEX. Gegründet 1998 als Stiftung mit dem Namen Marburger Förderzentrum für Existenzgründungen aus der Universität, ist MAFEX seit 2015 eine wissenschaftliche Einrichtung der Philipps-Universität. »Rund 500 Existenzgründungen aus der Universität heraus hat MAFEX in den letzten Jahren unterstützt«, sagen die

geschäftsführenden Direktoren Michael Stephan und Paul Alpar. Beide sind Professoren für Wirtschaftswissenschaften. Das MAFEX-Startup-Lab soll zu mehr Gründungen beitragen und eine Gründungskultur an der Universität fördern. Der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft würdigt das Engagement mit der Aufnahme der Marburger Universität als eine von 15 Hochschulen in den Innovation Club, einem Netzwerk von Kreativen und Innovatoren an Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen.

Fit für den Markt

Maximal ein Jahr verbringen ausgewählte Gründungsteams im Start-up-Lab. Während dieser Zeit bekommen sie eine fundierte Qualifizierung, die ihnen helfen soll, ihre Geschäftsidee zügig umzusetzen und als Unternehmen im Markt zu bestehen. Drei Phasen sind vorgesehen. In der ersten Phase stehen betriebswirtschaftliche Grundlagen und Softskills auf dem Programm. In Phase zwei geht es inhaltlich an den Kern der Sache – aus der Gründungsidee wird ein tragfähiges Geschäftsmodell entwickelt. Auch die Finanzierung ist dann ein Thema. In der dritten Phase geht es um die eigentliche Gründung und darum, sich

Mittelhessische Hochschulen vernetzen ihre Gründungsförderung

Im Frühjahr 2020 nimmt – in Zusammenarbeit mit dem Forschungscampus Mittelhessen – das Startup-Netzwerk Mittelhessen StartMiUp seine Arbeit auf. Das Projekt wurde im Dezember 2019 beim Wettbewerb »EXIST-Potentiale« des Bundeswirtschaftsministeriums ausgezeichnet und erhält über vier Jahre eine Förderung in Höhe von drei Millionen Euro. Unter der Federführung der Philipps-Universität Marburg haben die Hochschulen des Forschungscampus, zu dem auch die Justus-Liebig-Universität Gießen und die Technische Hochschule Mittelhessen gehören, ein Konzept erstellt, um Grün-

derinnen und Gründer in der Region zu unterstützen. Prof. Dr. Katharina Krause, Präsidentin der Philipps-Universität, betont: »Durch die Kooperation der drei mittelhessischen Hochschulen in der Gründungsförderung sowie durch die Vernetzung mit Wirtschaftspartnern und vielfältigen Gründungsaktivitäten können in der Region Skalen- und Verbundeffekte geschaffen werden, die ansonsten nur Metropolregionen vorweisen.« Von der Unterstützung der mittelhessischen Startup-Initiative durch den Bund erwarten die Hochschulen einen Schub, der zum verstärkten Transfer marktfähiger

in der Öffentlichkeit zu präsentieren und die ersten Kunden zu finden.

In allen Gründungsphasen bietet MAFEX Beratung, Coaching und Unterstützung bei der Suche nach der passenden Finanzierung. »Die Gründungsteams werden befähigt, eigene unternehmerische Entscheidungen zu treffen«, sagt Michael Stephan. »Wir unterstützen auch bei deren Umsetzung, nehmen in der Beratung aber keine Entscheidungen vorweg«, betont Paul Alpar. Angehörige der Philipps-Universität können die Beratung kostenfrei in Anspruch nehmen. Als Teil des Gründungsnetzwerks von EXIST, dem Förderprogramm des Bundeswirtschaftsministeriums, berät MAFEX alle Gründungsinteressierten aus der Region Marburg-Biedenkopf zum EXIST-Gründerstipendium.

Ein weiterer Schwerpunkt von MAFEX ist neben der Gründungsförderung das Innovationsmanagement. MAFEX beobachtet den Markt, analysiert die technologische Entwicklung und allgemeine Zukunftstrends. Regelmäßig werden zusammen mit der Industrie- und Handelskammer und mit Branchenverbänden empirische Studien durchgeführt zu der Frage, wie Unternehmen in der Region Marburg und in Hessen Innovationen systematisch managen. Die Erkenntnisse münden auch in die Innovationsberatung für Unternehmen in der Region, in Weiterbildungen und Workshops.

Ergebnisse und Produktideen vom Campus in die Wirtschaft beiträgt. Bei StartMiUp arbeiten mit Prof. Dr. Michael Stephan von der Philipps-Universität Marburg, Prof. Dr. Monika Schuhmacher von der Justus-Liebig-Universität Gießen und Dr. Christina Zinecker von der Technischen Hochschule Mittelhessen ausgewiesene Fachleute für Technologie-, Innovations- und Gründungsmanagement zusammen.

WEITERE INFORMATIONEN

www.uni-marburg.de/fbo2/mafex

Dr. Janis Müller, Prof. Dr. Gerhard Klebe, Alexandra Seiffermann, Dr. Stefan Merkl, Christian Rötz, Dr. Serghei Glinca, Anna Trodler und Bernd Scheld von »CrystalsFirst«



Foto: Henrik Isenberg

Crystals First beschleunigt Arzneistoffsuche

Die CrystalsFirst GmbH ist ein Beispiel für eine erfolgreiche Gründung aus der Philipps-Universität Marburg heraus. Das Unternehmen startete im März 2018. Geschäftsführer sind Dr. Serghei Glinca, Dr. Stefan Merkl, Christian Rötz und Bernd Scheld. CrystalsFirst führt mit einer neu entwickelten Methode Arzneistoffscreenings für Pharmaunternehmen durch. Ihre Technologie stabilisiert hoch empfindliche Proteinkristalle und verhindert, dass sie während der Screening-Prozesse zerstört werden oder ihre Qualität erheblich einbüßen. Das ermöglicht CrystalsFirst eine sehr schnelle und zuverlässige Bereitstellung vieler qualitativ hochwertiger Daten, die ihre Kunden für die Optimierung ihrer Arzneistoffkandidaten dringend benötigen. Das Unternehmen

wendet Forschungsergebnisse an, die in über 20 Jahren in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Gerhard Klebe am Fachbereich Pharmazie der Marburger Universität entwickelt worden sind. Klebes Arbeitsgruppe beschäftigt sich vor allem mit der Methodenentwicklung in der Arzneistoffsuche und -entwicklung und gilt als Vorreiter des sogenannten Struktur- und Fragment-basierten Wirkstoffdesigns. Klebe ist heute auch Mitglied des dreiköpfigen wissenschaftlichen Beirats von CrystalsFirst.

Im Zuge der Betreuung durch das MAFEX hatte das Gründungsteam ein EXIST-Gründerstipendium erhalten. Mit dieser Förderung führten die jungen Unternehmerinnen und Unternehmer

umfangreiche Marktrecherchen durch, arbeiteten ein Geschäftsmodell aus und akquirierten Pilotpartner. Weitere Unterstützung erhielten sie von Bernd Scheld, der als erfahrener Unternehmer die kaufmännische Planung vorantrieb und wesentlichen Anteil daran hatte, dass die Hessen-Kapital I GmbH des Landes Hessen als Finanzinvestor gewonnen wurde. Auch die Universität Marburg beteiligte sich an dem Unternehmen. 2019 war das Startup-Unternehmen Preisträger beim Hessischen Gründerpreis in der Kategorie »Innovative Geschäftsidee«.

WEITERE INFORMATIONEN

www.crystalsfirst.com

VOM ATOM ZUM FUNKTIONSMATERIAL

Unbegrenzte Möglichkeiten: Physik und Chemie sind Nachbardisziplinen, die zusammen Grundlagen für zukünftige Kommunikations- und Energie-Technologien schaffen. Chemikerinnen und Chemiker synthetisieren Moleküle und Materialien mit bestimmten Eigenschaften, die Physik erforscht sie funktionell. Halbleiterforschung und Optoelektronik sind Gebiete, auf denen die Marburger international anerkannte Expertise besitzen. So ist zum Beispiel die Entwicklung eines Halbleitermaterials gelungen, um einen gerichteten warmweißen Laserstrahl zu erzeugen, der unter anderem für Anwendungen in der Medizintechnik und zur Verbesserung mikroskopischer Geräte genutzt werden kann. In vielen Projekten forschen die Marburger gemeinsam mit Gießener Arbeitsgruppen, so auch in dem Sonderforschungsbereich, der sich mit der Dynamik und Struktur innerer Grenzflächen befasst. Die Grenzflächen spielen in der modernen Materialwissenschaft eine wichtige Rolle. Nachdem die Forschungsteams die Vorgänge am Übergang zwischen Materialien grundsätzlich verstanden haben, gehen sie nun daran, Grenzflächen gezielt zu kontrollieren und maßzuschneidern.

INNERE GRENZFLÄCHEN BESTIMMEN MATERIALEIGENSCHAFTEN

Schichten und mischen

Technische Bauteile wie Computerchips oder Solarzellen werden immer kleiner und leistungsfähiger. Welche elektronischen und optischen Eigenschaften sie haben, hängt davon ab, was an den inneren Grenzflächen zwischen den verwendeten Materialien passiert. Forschungsteams der Physik und Chemie haben die genauen Vorgänge an den Grenzflächen bis auf die Ebene der einzelnen Atome erforscht. Jetzt wollen sie ihr Wissen nutzen, um neue Anwendungen zu entwickeln.

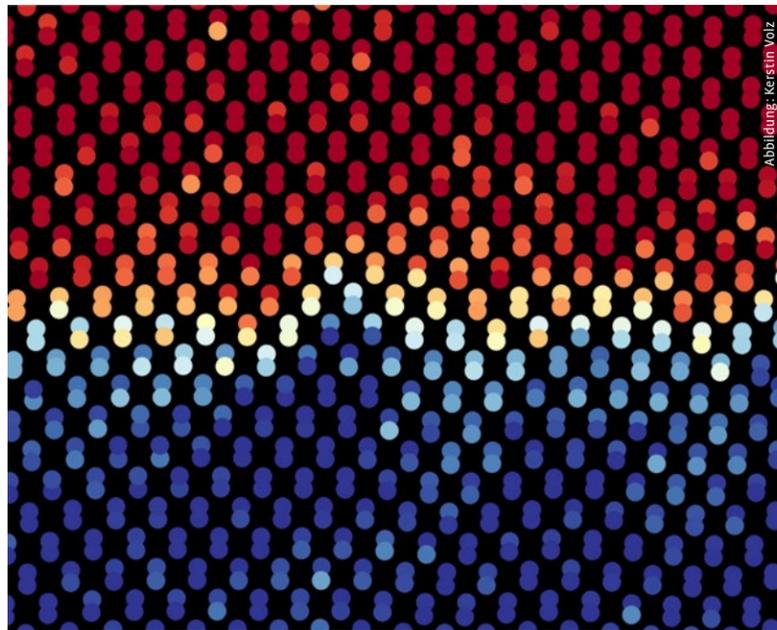
In vielen Geräten, die wir alltäglich nutzen, wie zum Beispiel Smartphones, Computer oder Displays, sind winzige elektronische Bauteile eingebaut. Ihre technische Funktion hängt davon ab, wie sich die Elektronen an den inneren Grenzflächen der verwendeten Materialien verhalten. Hier entstehen elektronische und chemische Zustände, die es sonst in den einzelnen Komponenten und ihren Atomen nicht gibt. Innere Grenzflächen spielen in den modernen Materialwissenschaften eine große Rolle, wenn es darum geht, die Leistungsfähigkeit von Bauteilen zu verbessern oder Materialien mit neuen Eigenschaften zu entwickeln. Anwendungsgebiete sind unter anderem die Mikroelektronik, Optoelektronik, Sensorik, Nanotechnologie oder Solarenergie.

Vom Modell zu neuen Anwendungen

Trotz ihrer enormen Bedeutung hinkte das mikroskopische Verständnis innerer Grenzflächen dem Verständnis der Volumen- und Oberflächeneigenschaften der Materialien lange Zeit hinterher. In dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereich »Struktur und Dynamik innerer Grenzflächen« haben sich rund 80 Forscherinnen und Forscher der Physik und Chemie aus Marburg, Gießen, Münster, Jülich sowie aus Spanien, Japan und den USA zusammengeschlossen, um diese Lücke zu schließen. Sie haben ab 2013 zunächst in Experimenten mit Modellsystemen erforscht, wie chemische Verbindungen, elektronische Kopplung und der Energietransfer an Grenzflächen grundsätzlich funktionieren – und wie sich diese Eigenschaften verändern, wenn man unterschiedliche Arten von Materialien einsetzt. »Nun erforschen wir Wege, wie wir Grenzflächen kontrollieren und für neue Anwendungen maßschneidern können«, sagt der Marburger Physiker Prof. Dr. Ulrich Höfer, Sprecher des Forschungsverbundes.

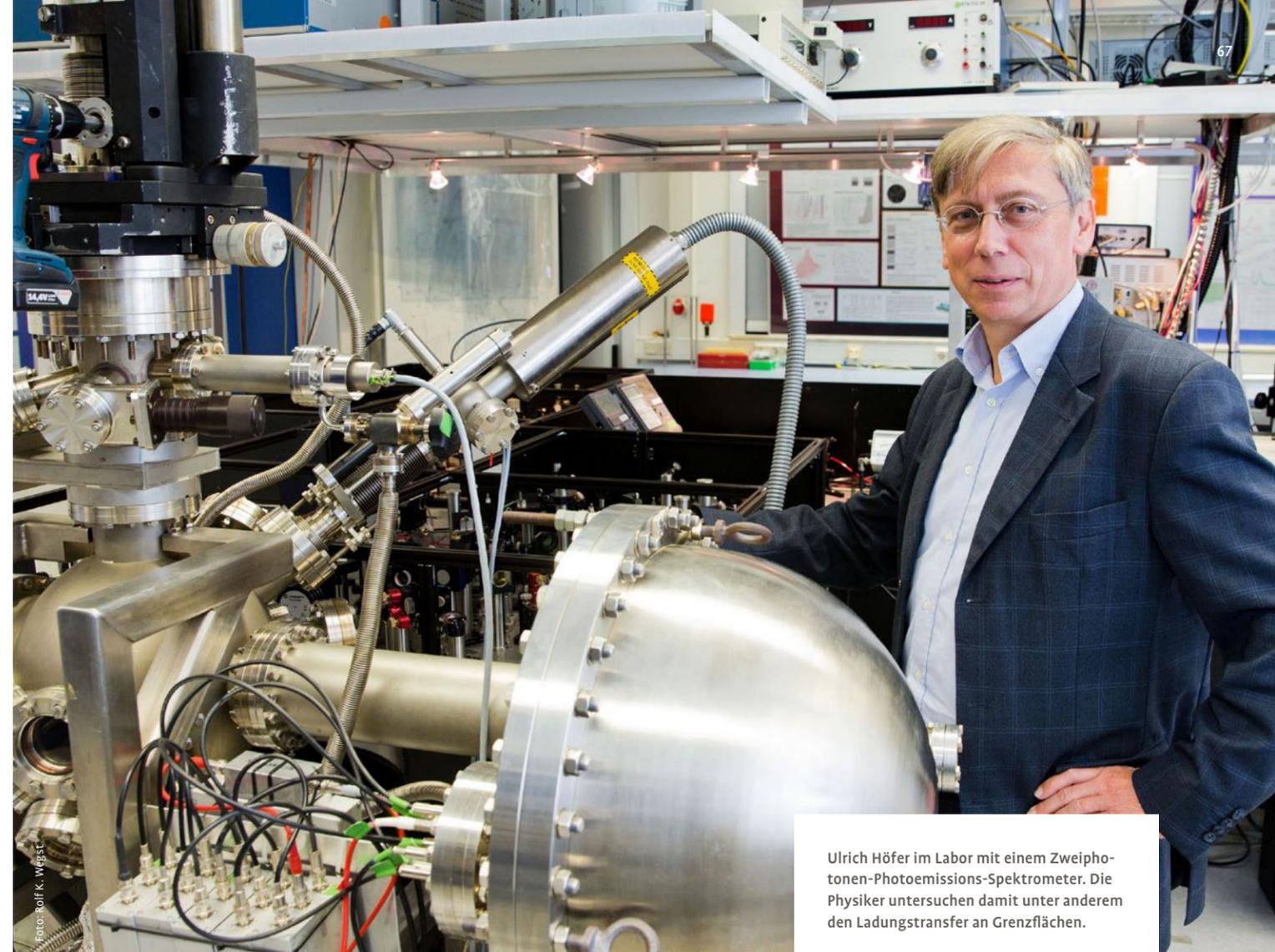
Überraschende Strukturen

Bei der Untersuchung, was genau an den Grenzflächen passiert, erlebten die Forschungsteams mehr als eine Überraschung. So war bekannt, dass sich bei Materialien, die aus unterschiedlichen atomaren Gitterstrukturen bestehen, die Eigenschaften und Strukturen durchmischen. In Experimenten, unter anderem mit Silizium und Galliumphosphid, stellten sie fest, dass auch bei Materialien, deren Struktur eigentlich genau zusammenpasst, keine atomar glatte Grenzfläche entsteht. Vielmehr bildet sich eine Pyramidenstruktur. Sichtbar wird diese Struktur im Transmissionselektronenmikroskop (TEM). Mit einem solchen Gerät, das die Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Kerstin Volz seit 2012 in Marburg betreibt, rastert ein Elektronenstrahl die Grenzfläche so fein ab, dass einzelne Atome beobachtet werden können.



Überraschende Beobachtung im TEM: Silizium wächst mit pyramidenförmigen Erhebungen in das Element Galliumphosphid.

Abbildung: Kerstin Volz



Ulrich Höfer im Labor mit einem Zweiphotonen-Photoemissions-Spektrometer. Die Physiker untersuchen damit unter anderem den Ladungstransfer an Grenzflächen.

NEUER LASER FÜR SCHNELLEREN DATENFLUSS

Dass innere Grenzflächen nicht glatt sein müssen, um effizient zu sein, stellten auch die Physikerinnen und Physiker um Prof. Dr. Wolfgang Stolz und Prof. Dr. Stephan Koch fest. Sie entwickelten den Prototyp eines neuen Lasers, der nur funktioniert, wenn die inneren Grenzflächen der eingesetzten Materialschichten rau sind. Mit dem neuen Laser lassen sich auf lange Sicht beispielsweise Infrarot-Sensoren für eine schnellere kabellose Datenübertragung bauen. Der Laser kann eine Wellenlänge von mehr als zwei Mikrometer erreichen – das ist deutlich mehr als bislang üblich. Das Forschungsteam spricht vom »W-Laser«, abgeleitet von der W-förmigen Bandstruktur der eingesetzten Halbleiterschichtfolgen. »Hier sehen wir ein konkretes Potenzial, dass unsere Grundlagenforschung in absehbarer Zeit für eine industrielle Anwendung genutzt werden kann«, sagt Höfer.

GRUNDLAGEN FÜR BESSERE SOLARZELLEN UND BILDSCHIRME

Wie sich neuartige Zustände an den inneren Grenzflächen zwischen Materialien technisch nutzen und bewusst gestalten lassen, ist eine der zentralen Forschungsinteressen des Verbundes. »Grenzflächenzustände können verschiedene Funktionen erfüllen«, erklärt Höfer. Die effektive Trennung von Ladungsträgerpaaren (ein negativ geladenes Elektron und eine positiv geladene Leerstelle) an der Grenzfläche ist beispielsweise für die Leistung organischer Solarzellen wichtig. Durch den umgekehrten Prozess, wenn also die positiv und negativ geladenen Raumbereiche wieder zusammenfallen, entsteht aus elektrischem Strom Licht. Das ist für Leuchtdioden entscheidend. Damit keine Energie verloren geht, kommt es auf den zügigen Ladungstransfer über die Grenzfläche an. So bestimmt beispielsweise die Geschwindigkeit an den Grenzflächen von Dünnschichttransistoren (TFT), wie hoch die Auflösung von Computerbildschirmen ist.

Das Forschungsteam von Höfer hat sich in diesem Zusammenhang besonders mit den Grenzflächenzuständen zwischen Metallen und organischen Molekülen befasst – eine Kombination, die zum Beispiel für die Entwicklung miniaturisierter Halbleiter interessant ist. »Die Energie zwischen den Materialien wird besonders effizient übertragen, wenn die Grenzflächen wenige Atomlagen dünn sind«, erläutert Höfer. Mit diesem Wissen lassen sich perspektivisch die Kontakte zwischen Metallen und organischen Materialien optimieren.

Forschen am Modell

Der Sonderforschungsbereich »Struktur und Dynamik innerer Grenzflächen« gliedert sich in zwei Bereiche. Im ersten Arbeitsgebiet entwickeln elf Projektteams Modellstrukturen der Schichtsysteme. Da die Grenzflächen in realen Bauteilen oft nicht genau definiert sind, stellen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler idealisierte, speziell präparierte Modellschichtsysteme her und bestimmen deren physikalische Eigenschaften auf atomarer Ebene. Syntheschemikerinnen und -chemiker entwickeln beispielsweise Clusterbausteine oder organische Moleküle. Physikerinnen und Physiker präparieren präzise abgeschiedene Halbleiter-Heterostrukturen aus verschiedenen Materialien, die im Elektronenmikroskop geprüft werden.

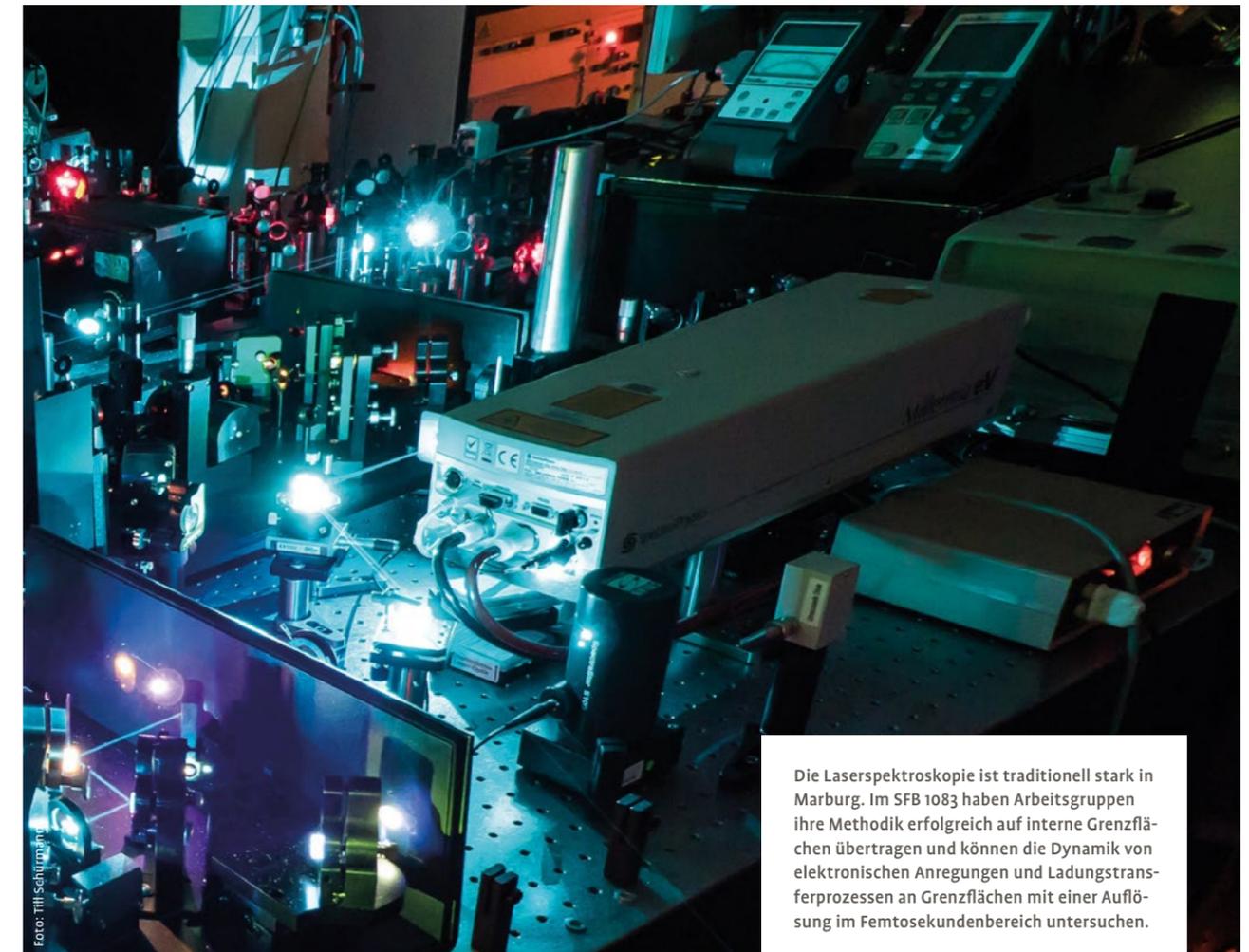
Im zweiten Arbeitsgebiet untersuchen weitere sieben Projektteams die optoelektronischen Eigenschaften

Experimente mit verschiedenen Materialkombinationen stehen auch im Fokus der Forschung von Prof. Dr. Martin Koch. Sein Team arbeitet mit ultrakurzen Laserpulsen, um zu beobachten, wie Ladungsträgerpaare in Halbleiter-Heterostrukturen entstehen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stellten fest, dass die Elektronen schnell in eine benachbarte Schicht wandern. Der andere Teil des Ladungsträgerpaars wechselt die Seite nicht, bleibt aber weiter mit dem Elektron verbunden. Dies wird als »Charge-Transfer-Exziton« bezeichnet. Dessen Entstehung ist der erste Schritt, um etwa in einer Solarzelle Strom zu erzeugen. »Wir interessieren uns dafür, wie schnell Ladungsträger durch die Grenzfläche treten und wie schnell sich Charge-Transfer-Exzitonen bilden«, sagt Koch.

Aber nicht nur in organischen Halbleitern, auch in organischen Heterostrukturen versuchen die Forscherinnen und Forscher, die Dynamik des Ladungstransfers mit der Struktur der Grenzflächen und den Eigenschaften der Schichtmaterialien in Verbindung zu bringen. So ist es in der Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Gregor Witte gelungen, die Ausstrahlung von Licht an organischen Grenzflächen gezielt zu beeinflussen – allein durch die Ausrichtung der Kristallschichten.

dieser Modellsysteme. Mit spektroskopischen Untersuchungsmethoden betrachten sie besonders den Ladungstransfer über die Grenzfläche. Die schwachen Signale der Grenzschichten lassen sich mit besonderen Messverfahren detektieren, die teilweise eine Zeitauflösung im Bereich von Femtosekunden (Millionstel einer Milliardsten Sekunde) erlauben.

Der Sonderforschungsbereich verbindet in seinen Projekten die chemische Synthese der Grenzflächenmaterialien, den Aufbau der Schichten, die spektroskopischen Untersuchungen und die theoretische Modellierung. »Die enge Verknüpfung und Rückkopplung von Theorie, Experiment und physikalischer Charakterisierung ist eine Stärke der Forschung in Marburg«, hebt Höfer hervor.



Die Laserspektroskopie ist traditionell stark in Marburg. Im SFB 1083 haben Arbeitsgruppen ihre Methodik erfolgreich auf interne Grenzflächen übertragen und können die Dynamik von elektronischen Anregungen und Ladungstransferprozessen an Grenzflächen mit einer Auflösung im Femtosekundenbereich untersuchen.

BINDUNGSPROBLEM GELÖST

Für die Entwicklung neuer elektronischer Bauteile sind Kombinationen aus anorganischen Halbleitern und organischen Materialien zunehmend interessant. Vor allem Verbindungen mit Silizium, dem bislang wichtigsten Material für Elektronikbauteile und Solaranlagen, stehen im Fokus. Das Problem war lange Zeit, dass organische Moleküle bei der Reaktion mit Halbleitern wie Silizium kaputtgehen. In einer beispielhaften Kooperation zwischen Chemie und Physik wurde hierfür eine Lösung gefunden: Das Team von Prof. Dr. Ulrich Koert fand heraus, dass die Kohlenwasserstoffverbindung Cyclooctin das Potenzial hat, sich mit der Siliziumoberfläche zu verbinden. Die Physiker Prof. Dr. Ulrich Höfer und Prof. Dr. Michael Dürr (Universität Gießen) haben die erfolgreiche und vor allem zuverlässige Bindung mithilfe von optischer Spektroskopie bestätigt. »Das fundamentale Problem der Anbindung an die Siliziumoberfläche ist gelöst«, betont Höfer. »Mit diesem Aufbau können wir weiterarbeiten und die inneren Grenzflächeneigenschaften wie etwa den Ladungstransfer für weitere funktionelle Schichten und Molekülgruppen untersuchen.«

Zweidimensionale Materialien im Blick

Höfer und die Teams im Forschungsverbund wollen ihre Erkenntnisse über innere Grenzflächen auf neue Materialsysteme übertragen. Neben Halbleitern haben sie zweidimensionale Materialien im Blick. Diese bestehen aus einer einzigen atomaren Schicht. »Die Idee ist, verschiedene dieser Festkörper zu Schichten und ihre Eigenschaften zu mischen. Auf diese Weise könnten wir künstliche Materialien herstellen, die es in der Natur nicht gibt – mit Eigenschaften nach Wunsch«, erklärt Höfer. »Bei diesen Materialien, die praktisch nur aus Oberfläche bestehen, sind Grenzflächen extrem wichtig. Diese lassen sich gut kontrollieren, sodass es leicht ist, Modellsysteme zu entwickeln. Die Festkörperphysik geht weltweit in diese Richtung.«

PROFIL

Projekt:
Struktur und Dynamik innerer Grenzflächen
(DFG SFB 1083)

Sprecher:
Prof. Dr. Ulrich Höfer

stellvertretende Sprecherin:
Prof. Dr. Kerstin Volz

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg, Justus-Liebig-Universität Gießen, Forschungszentrum Jülich, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Fachgebiete:
Physik, Chemie

Laufzeit:
seit 2013

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt: www.internal-interfaces.de

Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmh.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/Material_Molekuel_Energie

LEISTUNGSFÄHIGERE HALBLEITER ENTWICKELN

Grenzen überwinden

Moderne Halbleiterbauelemente erreichen heute oft die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit und sind für zukunftsweisende Anwendungen nicht oder nur schlecht einsetzbar. Der Grund: Die Strukturen der Materialien sind physikalisch ausgereizt. Das Graduiertenkolleg »Funktionalisierung von Halbleitern« greift diese Herausforderung auf. Promovierende in Marburg und Gießen kombinieren neuartige Materialien mit konventionellen Halbleitern, um deren Funktionalität und Leistung zu erweitern.

Computer werden nicht mehr schneller, Beleuchtungssysteme sind nicht optimal und Sensoren nicht so empfindlich und flexibel wie gewünscht – im Alltag ist man oft mit den Grenzen der momentan verwendeten Technologie konfrontiert. Hier setzt das 2012 an der Philipps-Universität Marburg gegründete Graduiertenkolleg (GRK) »Funktionalisierung von Halbleitern« der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) an. Promovierende sowie Postdoktorandinnen und Postdoktoranden befassen sich damit, Halbleiter mit neuartigen Materialien oder Strukturen so zu kombinieren, dass das Gesamtsystem die gewünschten Eigenschaften erhält. Diese Forschung eröffnet neue Anwendungsfelder in der Elektronik oder Photonik.

»Für viele Anwendungen, beispielsweise Computerchips oder Solarzellen, brauchen wir neue Konzepte«, sagt die Marburger Physikerin Prof. Dr. Kerstin Volz, Sprecherin des GRK. So ist zum Beispiel die elektronische Signalübertragung auf der Basis von Silizium für heutige Ansprüche zu langsam. Die Entwicklung geht seit mehreren Jahren in Richtung lichtbasierter Signalübertragung. Aus diesem Grund ist einer der Schwerpunkte im GRK die Entwicklung von Materialverbindungen, die Laserlicht erzeugen und zu Silizium »passen«.

UNERWARTETE ENTDECKUNG: WEISSES LICHT MIT LASEREIGENSCHAFTEN

Der enge Austausch zwischen den Arbeitsgruppen der Physik und Chemie lohnt sich: »Unsere Promovierenden haben bereits beachtliche Forschungsergebnisse erzielt«, betont Volz. So haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Synthesechemie und der experimentellen sowie theoretischen Halbleiterphysik an einem Halbleitermaterial gearbeitet, um einen gerichteten warmweißen Laserstrahl zu erzeugen. Dieser verbindet die Eigenschaften von Glühbirnen und Lasern. Glühbirnen erzeugen ein weißes Licht, das jedoch gleichmäßig in alle

An dem GRK sind die Universitäten Marburg und Gießen beteiligt. Insgesamt arbeiten 13 Arbeitsgruppen aus der Physik und Chemie eng zusammen. Obwohl dies Nachbardisziplinen sind, nutzen sie ganz unterschiedliche Begriffe und Arbeitsweisen. »Wir müssen unsere Sprachen angleichen«, erklärt Kerstin Volz. »Es ist unverzichtbar, wechselseitig aufeinander einzugehen.« Die Promovierenden im GRK handeln entsprechend. Sie organisieren Seminare für ihre Kolleginnen und Kollegen von der jeweils anderen Disziplin. Darin erklären sie sich gegenseitig die Grundlagen ihrer Arbeit und führen Laborführungen durch. »Das fördert die Zusammenarbeit und die Promovierenden diskutieren intensiv untereinander«, sagt Volz. Wenn die Physikerinnen und Physiker die Arbeitsgruppen der Chemie besuchen, sehen und lernen sie, wie man Chemikalien herstellt und welcher teils monatelange Prozess dahintersteht. Die Chemikerinnen und Chemiker wiederum lernen in der Physik, wie die von ihnen hergestellten Moleküle in Strukturen eingebaut werden. Sie sehen zum Beispiel im Transmissionselektronenmikroskop (TEM), wie Atome an den Grenzflächen zwischen zwei Materialien positioniert sind.

Richtungen abgestrahlt wird. Laserdioden, die zum Beispiel in CD-Laufwerken eingebaut sind, erzeugen dagegen ein gerichtetes Licht. Das »weiße Laserlicht« bietet viele Anwendungsmöglichkeiten. Es ist unter anderem für die Medizintechnik interessant, beispielsweise, um Endoskope mit einer verbesserten Lichtquelle auszustatten. Auch bei Hochpräzisionsmessgeräten in der Mikroskopie kann das Weißlicht neue Möglichkeiten eröffnen.

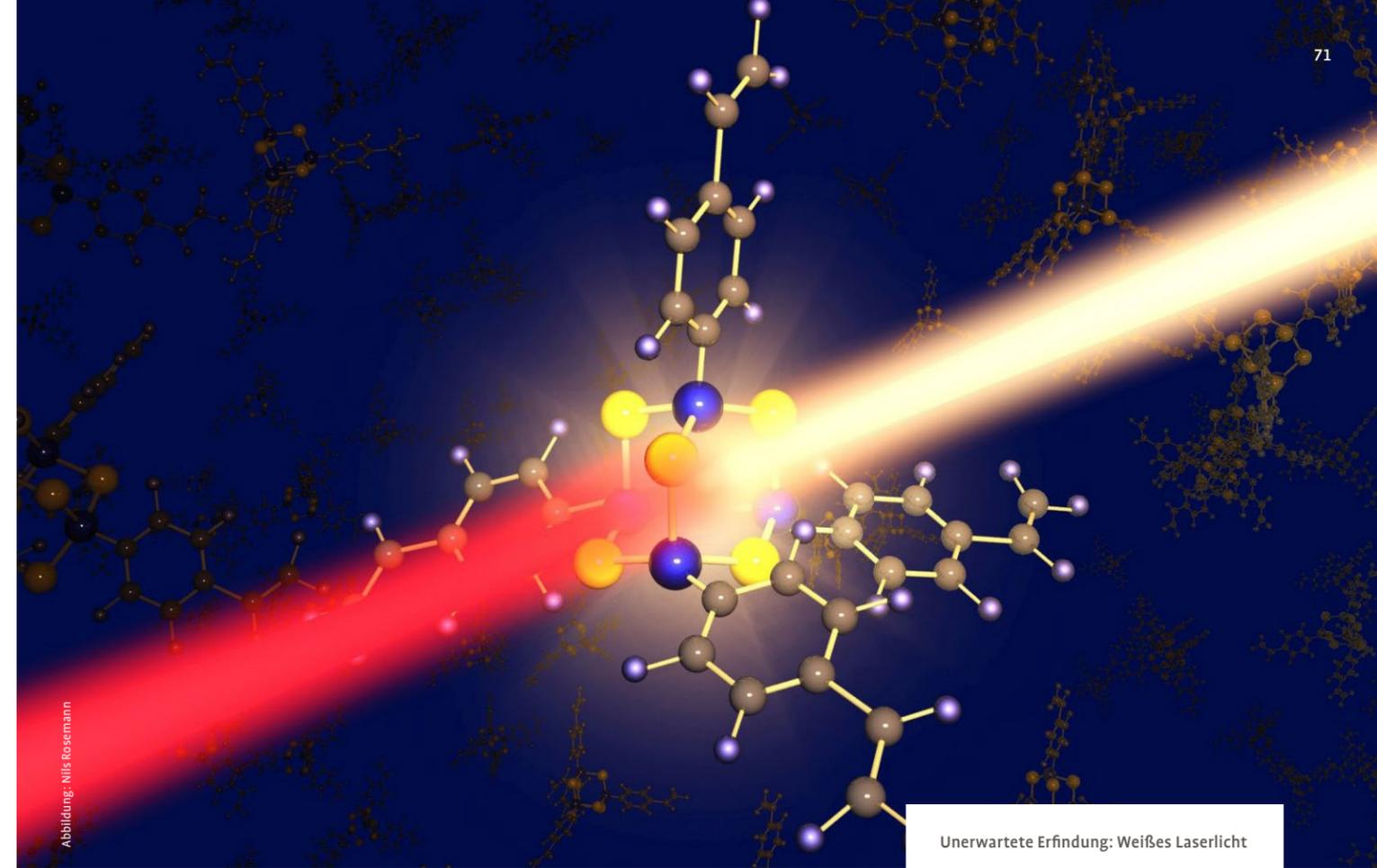


Abbildung: Nils Rosemann

Unerwartete Erfindung: Weißes Laserlicht

Zu der Erfindung kam es unerwartet in der Zusammenarbeit zwischen der Arbeitsgruppe der Synthesechemikerin Prof. Dr. Stefanie Dehnen, dem ehemals Marburger und jetzt Gießener Physiker Prof. Dr. Sangam Chatterjee, der auf optische Spektroskopie spezialisiert ist, sowie Prof. Dr. Stephan W. Koch und Prof. Dr. Kerstin Volz aus der Halbleiterphysik. Das Team um Dehnen untersucht die gezielte Synthese und die Eigenschaften von Cluster-molekülen. Das sind große Moleküle, die häufig aus einem anorganischen Kern und einer organischen Hülle bestehen. Normalerweise bilden solche molekularen Cluster Kristalle, in denen sie regulär angeordnet sind. In einem neu zusammengestellten Pulver, in dem sich Cluster aus den Elementen Zinn, Schwefel, Kohlenstoff und Wasserstoff befinden, waren die Moleküle jedoch komplett ungeordnet.

Die Chemikerinnen und Chemiker vermuteten, dass die Moleküle aufgrund ihres Aufbaus in der Lage sein sollten, als Frequenzverdoppler zu wirken, wie man es etwa von grünen Laserpointern kennt. Die Physikerinnen und Physiker im Team Chatterjee stellten allerdings fest, dass das Material sich nicht in dieser Weise verhielt, sondern ein bis dato unbekanntes Verhalten zeigte. Mit niedrigerenergetischer Infrarotstrahlung aus handelsüblichen Laserdioden wurden die Elektronen in dem Cluster in Bewegung versetzt und strahlten zum Erstaunen der Forscherinnen und Forscher ein sichtbares warmweißes Licht ab – ohne dass die Strahleigenschaften des Lasers verloren gingen. Die Clustermoleküle besitzen sogenannte nichtlinear-optische Eigenschaften – das ermöglichte die Umwandlung des Infrarotlichts in Weißlicht. Es ist auch gelungen, die Clustermoleküle erfolgreich auf den Oberflächen von Halbleitern zu fixieren.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen weiter zu diesem Thema. Im Rahmen einer DFG-Forschungsgruppe untersuchen sie die Voraussetzungen und Prozesse, die hinter der Entstehung des gerichteten spektral breitbandigen Lichtes stehen. Sie arbeiten unter anderem an einer »Bibliothek« von Stoffen, die sich für Verbindungen eignen, um solch gerichtetes Weißlicht zu erzeugen.



Foto: Ralf K. Weget



Doktorand des Graduiertenkollegs im Labor



VIELVERSPRECHEND: WIRKUNGSGRAD VON SOLARZELLEN ERHÖHT

Die Mitglieder im GRK beteiligen sich auch daran, Grundlagen für die Herstellung einer neuen Generation von Solarzellen zu entwickeln. Diese sollen einen höheren Wirkungsgrad erreichen und damit beispielsweise auch besser an die Bedingungen in Mitteleuropa angepasst sein. »Das Problem bei uns ist, dass der Himmel oft bewölkt ist und das Licht streut. Daher wirken Solarzellen nicht so effizient wie beispielsweise in der Wüste«, erläutert Kerstin Volz. Zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg und der Technischen Universität Ilmenau experimentierten sie mit Silizium und weiteren Halbleiterverbindungen. In einer ersten Schicht wurde eine Verbindung von Gallium, einem Element der Gruppe III des Periodensystems, und Phosphor aus der Gruppe V auf das Gruppe IV-Element Silizium aufgetragen. In den folgenden Schichten finden sich weitere Elemente aus den Gruppen III und V: Gallium, Arsen, Stickstoff und Wismut. »Durch die Kombination von Silizium und III/V-Halbleiterverbindungen ist es möglich, unterschiedliche Wellenlängenbereiche des Sonnenlichts abzudecken«, erklärt Volz. Da nicht mehr nur Silizium das Licht absorbiert, sondern auch die anderen eingesetzten Materialien, kann das Sonnenspektrum energetisch viel besser genutzt werden.

Erst seit wenigen Jahren lassen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die III/V-Halbleiterschichten direkt auf der Siliziumsolarzelle wachsen, anstatt zusätzliche Substrate für das Kristallwachstum einzusetzen. Dafür werden die Halbleitermaterialien in einem gasförmigen Zustand bei 500 Grad Celsius auf Silizium-Unterlagen aufgesprüht, wo sie dann zusammenwachsen. Mehrere hundert Versuche waren nötig, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen. In den Experimenten wurden immer wieder Temperatur, Druck und das Mischungsverhältnis der Materialien verändert. Der entscheidende Erfolgsfaktor ist, die atomare Struktur an den Grenzflächen zu kontrollieren. So müssen beispielsweise die Atome von Gallium und Phosphor am Übergang zu Silizium die korrekten Plätze im Kristallgitter einnehmen. Forschungsteams aus Marburg und Ilmenau haben mehrere Jahre daran gearbeitet, Defekte in der Kristallstruktur zu beheben und die Solarzellen zu optimieren.

Wissenschaft oder Industrie: Viele Wege stehen offen

Das GRK ermöglicht den Promovierenden, sich intensiv auf eine berufliche Laufbahn in der Wissenschaft oder in der Industrie vorzubereiten. Seit 2012 wurden 46 Doktorandinnen und Doktoranden promoviert. Im Jahr 2019 gehörten 30 Promovierende dem GRK an. An den hier vorgestellten Ergebnissen waren junge Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler beteiligt, die nach ihrer Promotion unterschiedliche Wege gegangen sind. Der Erfinder der Clustermoleküle für das Weißlicht, Dr. Jens Peter Eußner, war Doktorand bei Prof. Dehnen und arbeitet heute in einem global tätigen Unternehmen der Halbleiterindustrie. Dr. Nils Rosemann, der als Doktorand bei Prof. Chatterjee den neuen Weißlichtprozess entdeckte, ist Postdoktorand in Schweden. Ebenfalls in der Wissenschaft geblieben ist Dr. Andreas Beyer. Bereits als Doktorand bei Prof. Volz befasste er sich mit der Verwendung der Elektronenmikroskopie bei der atomgenauen Analyse von Halbleiterstrukturen. Als Postdoktorand widmet er sich weiter der Struktur- und Technologielabor, einem Institut im Wissenschaftlichen Zentrum für Materialwissenschaften der Universität Marburg. ■

PROFIL

Projekt:
Funktionalisierung von Halbleitern
(DFG-Graduiertenkolleg 1782)

Sprecherin:
Prof. Dr. Kerstin Volz

stellvertretende Sprecherin:
Prof. Dr. Stefanie Dehnen

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg, Justus-Liebig-Universität Gießen

Fachgebiete:
Physik, Chemie

Laufzeit:
seit 2012

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt: www.uni-marburg.de/grk1782

Wissenschaftliches Zentrum für
Materialwissenschaften:
www.uni-marburg.de/de/wzmv

Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmb.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/materialforschung

Region der Spitzenforschung

»In einer Zeit von Globalisierung, wachsenden Herausforderungen und exponentiellem Wissenszuwachs braucht es innovative Formen und Verbünde, die Synergieeffekte maximieren und zwischen den Spezialisierungen der Disziplinen vermitteln. Dies ist ein bedeutender Grundstein für Forschung auf Spitzenniveau«, sagte Prof. Dr. Katja Becker von der Deutschen Forschungsgemeinschaft bei der Gründung des Forschungscampus Mittelhessen im November 2016.

Traditionell zeichnet sich die mittelhessische Wissenschaftslandschaft durch ein hohes Maß an Kooperation zwischen den drei Hochschulen – Justus-Liebig-Universität Gießen, Philipps-Universität Marburg und Technische Hochschule Mittelhessen – aus. Bereits 1991 gründeten die Hochschulen eine gemeinsame Transfereinrichtung und schlossen im Jahr 2005 einen Kooperationsvertrag, der eine Zusammenarbeit in nahezu allen Leistungsbereichen der Hochschulen umfasste. Im Jahr 2012 verstärkten die Universitäten Gießen und Marburg ihre Zusammenarbeit in ausgewählten Gebieten der Spitzenforschung mit einer institutionalisierten Forschungsallianz.

Nach dieser erfolgreichen Kooperation war der Aufbau des Forschungscampus Mittelhessen (FCMH) im Jahr 2016 unter Einbeziehung der Technischen Hochschule Mittelhessen sowie in enger Zusammenarbeit mit den außeruniversitären Forschungseinrichtungen der Region der nächste Schritt. Das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst fördert den Aufbau des Forschungscampus Mittelhessen in den ersten fünf Jahren. Prof. Dr. Katharina Krause, Präsidentin der Philipps-Universität Marburg, betont: »Eine besondere Stärke unseres Verbunds liegt darin, dass die drei Hochschulen eine große inhaltliche Schnittmenge aufweisen und zugleich fachlich komplementär aufgestellt sind – wir sind daher im Verbund stärker als jede einzelne Hochschule für sich.«

Stärke durch Vielfalt

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aller Karrierestufen erhalten Zugang zu den Netzwerken und Partnern des Forschungscampus. Dazu gehören das Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung in Marburg, das Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie in Marburg, das Max-

Planck-Institut für Herz- und Lungenforschung in Bad Nauheim und der Institutsteil Bioressourcen des Fraunhofer Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie in Gießen.

Im FCMH entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gemeinsam neue Forschungsprojekte. Zu den Pionieren dieser Idee des Forschungscampus gehören beispielsweise die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereiche »Dynamiken der Sicherheit« und »Kardinale Mechanismen der Wahrnehmung« der Universitäten Gießen und Marburg. »Diese in Deutschland und auch international renommierten Projekte bearbeiten die Themenfelder historische Sicherheitsforschung und Wahrnehmungsforschung in einer Breite und Tiefe, die eine Hochschule alleine nicht hätte leisten können«, sagt Prof. Dr. Michael Böcker, Vizepräsident für Forschung an der Philipps-Universität Marburg.

Um zudem die Entwicklung neuer Verbundforschungsprojekte zu fördern, bietet der Forschungscampus Anschubfinanzierungen. So können neue Aktionsfelder aufgebaut und bestehende Forschungsbereiche als Campus-Schwerpunkte oder Profildomänen weiterentwickelt werden. Die Campus-Schwerpunkte erhalten zusätzlich Mittel zur Finanzierung von Qualifikationsprofessuren. Um die hochschulübergreifende Zusammenarbeit auf allen Ebenen zu fördern und zu erleichtern, fungiert die Geschäftsstelle des FCMH in Gießen als zentrale Koordinations- und Kontaktstelle.

Neben der Forschung fördert der Forschungscampus den Transfer von Wissen und Technologien in die Gesellschaft – zusammen mit Partnern aus der Industrie, der Wirtschaft und

dem öffentlichen Leben. Wenn Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Forschungsleistungen zu marktreifen Produkten entwickeln wollen, finden sie im Forschungscampus mehrere Anlaufstellen, die sie bei der Existenzgründung beraten. Dazu gehört das Startupnetzwerk Mittelhessen Start-MiUp, das im Frühjahr 2020 anläuft und vom Programm EXIST des Bundeswirtschaftsministeriums für eine Förderung ausgewählt wurde. Die Unterstützung für Gründerinnen und Gründer umfasst zum Beispiel die Ideenfindung, Branchenbeobachtung, die Ausarbeitung von Geschäftsplänen, Patentanmeldungen, Innovationsmanagement und Finanzierungsmöglichkeiten.

Dr.-Ing. in Mittelhessen

Zu den Zielen des Forschungscampus gehört zudem, herausragenden Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ein produktives Umfeld für ihre Entwicklung zu bieten. Davon sollen nicht nur die Hochschulen profitieren, sondern auch die Wirtschaft. Mit dem Aufbau des Forschungscampus wirken die drei mittelhessischen Hochschulen als Entwicklungslokomotiven und nutzen so der gesamten Region.

Ein gemeinsames Promotionszentrum ermöglicht kooperative Promotionen in aktuellen Forschungsfeldern und bindet Promovierende aller drei Partnerhochschulen in Fragestellungen der Spitzenforschung ein. Eine Besonderheit des FCMH ist die Einrichtung eines ingenieurwissenschaftlichen Promotionszentrums. Damit steht den Absolventinnen und Absolventen der beiden Hochschultypen – Universität und Hochschule für angewandte Wissenschaften – der Weg offen, sich zum Dr.-Ing. zu qualifizieren. »Obwohl wir keine Technische Universität sind, können wir durch das Promotionszentrum des FCMH auch als Universität den Dr.-Ing. verleihen«, betont Böcker. »So können unsere Absolventinnen und Absolventen unter anderem der Informatik, Materialwissenschaft oder Physik erstmals entscheiden, welchen Doktorgrad sie für ihre berufliche Entwicklung bevorzugen.«



Foto: Christine Buhl



Foto: Franziska Kübel

Zukunftswerkstatt des Forschungscampus Mittelhessen im Schloss Rauischholzhausen bei Marburg

Forschungscampus Mittelhessen

Campus-Schwerpunkte:

- Biomedizinische Informatik und E-Health
- Geist, Gehirn und Verhalten
- Sicherheit - Konflikt - Ordnung
- Insektenbiologie und Bioressourcen
- Krankenhaushygiene
- Lungen- und Herzmedizin
- Material, Molekül und Energie
- Mikroorganismen und Viren
- Raumfahrtanwendungen

Profildomänen:

- Klima- und Klimafolgenforschung
- Infektions- und Entzündungsforschung
- Reproduktion bei Mensch und Tier
- Tumorforschung und Immunologie

Website: www.fcmh.de



GRUNDLAGEN DES LEBENS

Verstehen, was das Leben ausmacht: Bakterien sind überall präsent, auch im menschlichen Körper. Dort fungieren sie als unsichtbare Helfer oder als Auslöser von Krankheiten. Wie Bakterien überhaupt funktionieren, erforschen Marburger Mikrobiologinnen und Mikrobiologen. Ihre Erkenntnisse können unter anderem für neue Antibiotika genutzt werden. Das Marburger Zentrum für Synthetische Mikrobiologie vereint Forschungsteams, die angelehnt an ingenieurwissenschaftliche Methoden zelluläre Teile und Prozesse nachbauen, zu Modulen zusammenfassen und zu komplexen funktionellen Einheiten kombinieren. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise neue Chemikalien, Biokraftstoffe und Medikamente produzieren. In einem 2020 begonnenen Forschungsprojekt geht es darum, eine der größten Herausforderungen des digitalen Zeitalters zu bewältigen: die langfristige Datenspeicherung. Die Natur liefert den Lösungsansatz. DNA-Moleküle speichern Informationen auf kleinstem Raum über Tausende von Jahren. Nicht nur die Mikrobiologie befasst sich mit den Grundlagen des Lebens, zu denen auch die natürlichen Ressourcen gehören. Die Marburger Klimageographie geht der Frage nach, wie Menschen die Natur seit Jahrtausenden nach ihren Bedürfnissen gestaltet haben und welche Auswirkungen das auf die Ökosysteme und das Klima hat. Ihre Spurensuche führt sie bis in die Hochgebirge Afrikas und in die Regenwälder von Südamerika.

WIE BAKTERIEN IHR INNENLEBEN ORGANISIEREN

Per Navi durch die Zelle

Man sieht sie nicht, aber sie tummeln sich überall. Bakterien beherrschen die Welt, doch was in ihnen abläuft, weiß noch keiner so ganz genau. Nach welchen Prinzipien funktionieren sie? Das untersuchen Forschungsteams aus der Mikrobiologie, Biochemie und Physik aus Marburg, Gießen und München. Langfristig wollen sie in der Lage sein, grundlegende Funktionen von Bakterien nachzubauen, damit sie für neue technische und medizinische Anwendungen genutzt werden können.

Menschen können ohne Bakterien nicht leben. Als winzige Helfer bilden sie beispielsweise einen schützenden Film auf der Haut, der Krankheitserreger abwehrt. Auch in Lebensmitteln sind sie wichtig. Ohne sie wäre die Herstellung von Joghurt, Käse oder Brot nicht denkbar. Doch sie können auch gefährliche Infektionskrankheiten auslösen und sind teilweise schwer zu bekämpfen. So sind Antibiotika-Resistenzen ein großes Problem, das nach Lösungen verlangt. »Wenn wir Bakterien nutzen oder bekämpfen wollen, müssen wir zuerst verstehen, wie sie funktionieren«, sagt der Marburger Mikrobiologe Prof. Dr. Martin Thanbichler.

Bakterien gehören zur Gruppe der Prokaryoten, sie haben im Unterschied zu Eukaryoten keinen Zellkern und keine klar abgegrenzten zellulären Räume. Lange Zeit wurde die Binnenorganisation von Bakterien falsch eingeschätzt. Zwar war bekannt, dass die rund 1.500 verschiedenen Proteine in Bakterien gezielt auf bestimmte Bereiche der Zelle, wie etwa die Zellhülle oder das Zellinnere, verteilt werden. Aber innerhalb dieser Bereiche galt deren Anordnung als weitgehend zufällig. »Wir wissen heute, dass das nicht stimmt. Bakterienzellen platzieren viele ihrer Bestandteile höchst präzise an definierten Orten«, berichtet Thanbichler. »Dabei sind die Muster der Binnengliederung meistens dynamisch und zeitlich variabel, abhängig vom Zellzyklus oder externen Reizen.« Diese raumzeitliche Dynamik ist entscheidend für grundlegende zelluläre Prozesse. Dazu gehören zum Beispiel Zellteilung, Zellwachstum, die Weitergabe der Erbinformation, sowie die Steuerung des Zellzyklus und der Zellbewegung.

Suche nach universellen Prinzipien

Durch die gegenwärtigen Fortschritte in der Mikroskopie und Bildgebung können die Struktur und Dynamik der zellulären Komponenten detailliert bis hin zur Einzelmolekülebene analysiert werden. »Uns geht es um ein quan-

titatives und mechanistisches Verständnis der internen Organisation von Bakterienzellen«, betont Thanbichler. »Wir wollen herausfinden, ob es universelle Prinzipien gibt, die für alle Bakterien gelten.« Er leitet den Sonderforschungsbereich »Räumliche-zeitliche Dynamik von bakteriellen Zellen« der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), in dem 58 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Marburg, Gießen und München eng zusammenarbeiten, um die molekularen Mechanismen der Binnengliederung von Bakterienzellen zu erforschen. Sie wollen auch funktionelle Module identifizieren, die für die Positionierung bestimmter zellulärer Komponenten verantwortlich sind. Auf dieser Basis soll es langfristig möglich werden, Bauelemente für synthetische Zellen herzustellen, die für die Medizin oder Industrie genutzt werden können.

Für ihre Untersuchungen haben die Fachleute ganz unterschiedliche Formen ausgewählt. Dazu gehören stäbchenförmige Arten wie das Darmbakterium *Escherichia coli* oder das Bodenbakterium *Bacillus subtilis*. Auch Myxobakterien sind stäbchenförmig – sie spielen unter anderem eine wichtige Rolle für die Herstellung von Antibiotika und Wirkstoffen zur Tumorbekämpfung. Das ebenfalls untersuchte eiförmige bis unregelmäßig stäbchenförmige Bakterium *Corynebacterium glutamicum* wird industriell zur Produktion von Glutamat und vielen anderen biotechnologischen Produkten verwendet. Das Cholera-Bakterium *Vibrio cholerae* hat eine gekrümmte Form. Schließlich werden auch knospende Bakterien unter die Lupe genommen, die ihre Zellen über Sprossung vermehren. »Wir wollen verstehen, wie und warum Bakterien im Laufe der Evolution eine so große Formenvielfalt entwickelt haben. Liegen den Formen jeweils gemeinsame molekulare Mechanismen zugrunde? Bestimmen die Formen, wie Prozesse reguliert werden, zum Beispiel die Zellteilung?«, erläutert Thanbichler einige der Fragestellungen. Manche Bakterien haben Flagellen, das

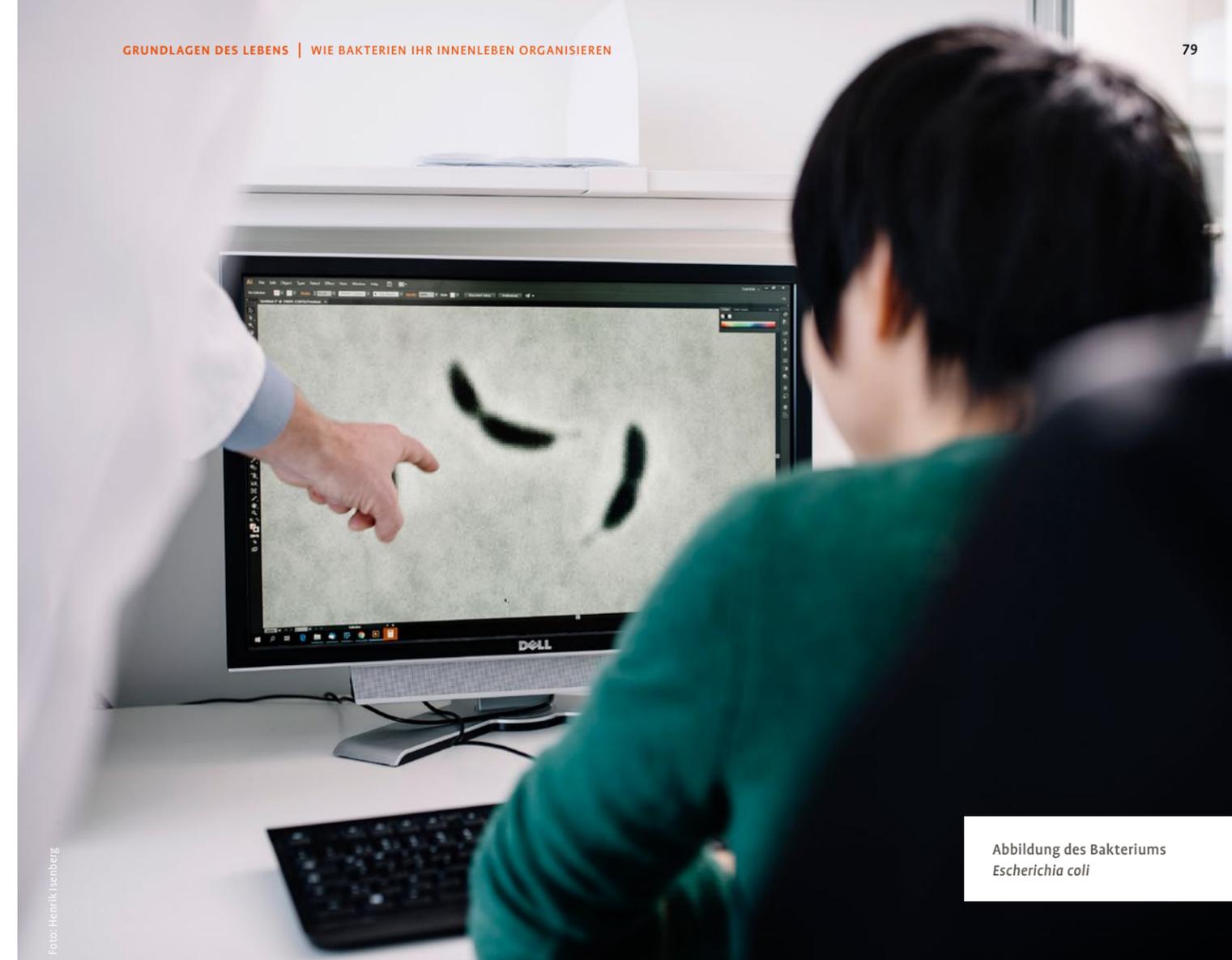


Abbildung des Bakteriums *Escherichia coli*

sind rotierende fadenförmige Gebilde, die in der Zellhülle verankert sind und der Fortbewegung dienen. Die Forschungsteams untersuchen, wie die Flagellen entstehen und wie sie an ihre Position gelangen. »Ein detailliertes Verständnis der Bewegung von Bakterien ist wichtig, um unter anderem die Entstehung von Krankheiten zu verstehen«, sagt Thanbichler.

Gleiche Komponenten – verschiedene Aufgaben

Alle Bakterienarten verfügen über ähnliche Komponenten, doch diese steuern oft unterschiedliche Prozesse in den Zellen. »Proteine, die in einem Bakterium den Ort der Zellteilung bestimmen, steuern in einem anderen Bakterium die Fortbewegung«, erklärt Thanbichler. »Offensichtlich ist die Herausbildung individueller Mechanismen mit bestimmten Fitnessvorteilen verbunden, sodass Bakterien besser in ihrer Umwelt bestehen können.« Um herauszufinden, welche Aufgaben die Zellkomponenten bei den verschiedenen Bakterienarten übernehmen, nutzen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen interdisziplinären Ansatz. »Wir kombinieren fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen von lebenden Zellen

mit biochemischen Analysen, mathematischen Modellen und synthetischer Biologie«, erklärt Thanbichler.

So gehen die Forschungsteams vor: Mit hochauflösenden Mikroskopen beobachten sie das kollektive Verhalten von Molekülen in der Zelle. Ergänzend isolieren sie zelluläre Komponenten, um ihre biochemischen Eigenschaften und gegenseitigen Interaktionen in vitro zu untersuchen. Diese Experimente geben Aufschluss über die individuellen Funktionen der Zellbestandteile und ihr Verhalten im Gesamtsystem. Die Physikerinnen und Physiker in dem Forschungsverbund arbeiten daran, die Erkenntnisse aus den Versuchsreihen in mathematische Modelle zu übertragen, die erklären, wie alle Faktoren in einer Bakterienzelle zu einer funktionierenden Einheit integriert werden. »Der ultimative Test, ob wir die Funktionsweise der Zellen richtig verstanden haben, besteht darin, ausgewählte Bakteriensysteme nachzubauen«, erklärt Thanbichler. »Dies ist die Aufgabe der synthetischen Biologie.« Die Ergebnisse aus diesen Versuchen tragen wiederum dazu bei, die zuvor aufgestellten Modelle zu verbessern. So wird das Wissen über die molekularen Mechanismen in



Martin Thanbichler

Jahrgang 1973, studierte in München Biologie und wurde dort im Bereich Mikrobiologie promoviert. Seit seiner Zeit als Postdoktorand an der Stanford University von 2002 bis 2006 befasst er sich mit der Zellbiologie von Prokaryoten. 2007 wechselte er nach Marburg als unabhängiger Forschungsgruppenleiter am Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie. 2008 wurde Thanbichler Juniorprofessor und 2014 Professor für Mikrobiologie an der Philipps-Universität Marburg. Er forscht am Zentrum für Synthetische Mikrobiologie (SYNMIKRO) der Universität und wurde 2015 von der Max-Planck-Gesellschaft für seine herausragenden Leistungen auf dem Gebiet der mikrobiellen Zellbiologie zum Max Planck Fellow ernannt.

den Bakterienzellen Schritt für Schritt vertieft. Langfristig wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit den Methoden der synthetischen Biologie neue funktionelle Module herstellen, die in bestehende oder künstliche Zellen eingesetzt werden und es ermöglichen, neue Zellfunktionen zu realisieren.

Bis dahin steht noch viel Grundlagenforschung auf dem Programm. Ein Thema, das viele der 16 Arbeitsgruppen des Forschungsverbundes beschäftigt, ist die Rolle von Proteinen, die in der Forschung als »P-Loop-ATPasen« beschrieben werden. Sie übernehmen zahlreiche Aufgaben in Bakterienzellen, unter anderem die Steuerung der DNA-Verteilung, der Zellteilung und der Zellbeweglichkeit. Ein Beispiel für bereits gewonnene Erkenntnisse:

Forschungsteams aus Marburg und München haben zusammen das System entschlüsselt, wie die Zellteilung in dem Bodenbakterium *Myxococcus xanthus* gesteuert wird. Sie fanden heraus, dass eine P-Loop-ATPase mit zwei anderen Proteinen einen großen Komplex bildet, der wie ein GPS-System funktioniert. Er navigiert exakt bis zur Mitte des Chromosoms, die exakt im Zentrum der Zelle liegt, um dort die Zellteilung anzuregen.

Ansätze für neue Antibiotika

In Zukunft wird das Wissen darüber, wie Bakterienzellen funktionieren, neue technische und medizinische Anwendungsmöglichkeiten von Bakterien eröffnen. Bakterienzellen eignen sich ideal als Basis hierfür, da ihre Architektur im Vergleich zu eukaryotischen Zellen relativ



einfach und somit wesentlich besser kontrollierbar ist. Der Forschungsverbund trägt dazu bei, das notwendige Grundlagenwissen für diese Anwendungen zu schaffen. Die Forscherinnen und Forscher wollen auch neue Angriffspunkte für antibakterielle Wirkstoffe identifizieren. »Proteine, die die raumzeitliche Organisation von Bakterienzellen vermitteln, sind für deren Fitness ausschlaggebend, doch keine dieser Strukturen wird von bekannten Antibiotika angegriffen«, sagt Thanbichler. »Wir wollen der Wissenschaft Ansätze liefern, hemmende Moleküle für diese Strukturen zu finden und so die weltweiten Bemühungen unterstützen, Antibiotika-Resistenzen zu überwinden.« ■

PROFIL

Projekt:
Räumliche-zeitliche Dynamik von bakteriellen Zellen (DFG SFB-TRR 174)

Sprecher:
Prof. Dr. Martin Thanbichler (Marburg)

stellvertretende Sprecherin:
Prof. Dr. Kirsten Jung (München)

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg, Ludwig-Maximilians-Universität München, Justus-Liebig-Universität Gießen, Technische Universität München, Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie (Marburg), Max-Planck-Institut für Biochemie (München)

Fachgebiete:
Biologie, Chemie, Biochemie, Physik

Laufzeit:
seit 2017

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt: www.trr174.org
Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmh.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/Mikroorganismen_Viren

ERBSUBSTANZ ALS LANGZEITARCHIV

Aus der Cloud in die DNA

Digital gespeicherte Informationen könnten für die Zukunft verloren gehen, weil Speichermedien nur begrenzt halten und eines Tages womöglich nicht mehr lesbar sind. Die Natur liefert das Vorbild für eine Lösung: DNA-Moleküle speichern Erbinformationen zuverlässig über Tausende von Jahren. Teams aus der Mikrobiologie, Informatik, Chemie und Physik arbeiten an den Grundlagen für eine Technologie, mit der digitale Daten in Erbgut kodiert und so für die Nachwelt erhalten bleiben.

Jeden Tag entstehen auf der ganzen Welt riesige Datenmengen, die digital in der Cloud, auf CDs, DVDs oder Festplatten gespeichert werden. Bibliotheken, Archive und Unternehmen vertrauen meist auf Magnetbänder, um Informationen langfristig zu speichern. Doch all diese Speichermedien haben Nachteile: Sie sichern Daten nur für einige Jahre. Danach müssen sie auf neue Datenträger kopiert werden. Ein weiteres Problem ist, dass sich Dateiformate verändern. So könnte es im schlimmsten Fall passieren, dass wertvolles Wissen und historische Dokumente aus dem 21. Jahrhundert für künftige Generationen verloren gehen, weil neue Technologien den Zugriff nicht mehr unterstützen. Man könnte Daten immer auf jeweils aktuelle Speichermedien übertragen. Doch für die stetig steigende Datenmenge wäre der Aufwand immens. Die Forschungsteams in dem von der hessischen Exzellenzinitiative LOEWE geförderten Projekt »Molekulare Speicher zur Langzeit-Archivierung« (MOSLA) haben eine effizientere Lösung im Blick: DNA-Datenspeicher.

»Die Natur hat uns vorgemacht, dass DNA lange haltbar ist«, sagt der Marburger Bioinformatiker Prof. Dr. Dominik Heider, Sprecher des 2019 begonnenen Forschungsprojekts. »So kann zum Beispiel das Erbgut von längst ausgestorbenen Tieren auch nach mehreren tausend Jahren analysiert werden. Für die Haltbarkeit molekularer Speichermedien streben wir einen Zeithorizont von 100 bis zu 10.000 Jahren an.« Die Informationsdichte in der DNA ist sehr hoch. »Auf ein Gramm DNA passen maximal 10^{19} Bits. Würde man nur ein Millionstel nutzen, entspräche das einem Terabyte beziehungsweise etwa 250 Millionen beschriebener Seiten. Diese enorme Speicherkapazität bietet genug Raum, um durch speziell entwickelte Kodierungsverfahren den Erhalt von Informationen auch bei auftretenden Fehlern zu gewährleisten«, prognostiziert die Mikrobiologin Prof. Dr. Anke

Becker. Sie ist Direktorin des Zentrums für Synthetische Mikrobiologie (SYNMIKRO) Philipps-Universität Marburg und Co-Sprecherin des Forschungsprojekts MOSLA, an dem auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Gießen beteiligt sind.

Bodenbakterium gut als Speicher geeignet

DNA besteht aus vier unterschiedlichen Nukleotid-Bausteinen: Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin (ATGC). Während jede digitale Information heute auf einem Binärcode beruht, der aus einer Folge von Nullen und Einsen besteht, kann sie ebenso gut in einen Vierercode mit langen Reihen der Buchstaben A, T, G und C umgewandelt werden. »Die DNA muss jedoch vor Umwelteinflüssen geschützt sein, damit sie stabil ist«, sagt Becker. »Ein möglicher Weg ist die mikrobielle Zelle als Behältnis, da sie die DNA nicht nur schützt und Schäden durch Umwelteinflüsse wie etwa UV-Strahlung repariert, sondern auch durch Zellvermehrung einen einfachen Kopiermechanismus bietet. Geeignet ist zum Beispiel das Bodenbakterium *Bacillus subtilis*.« Dessen Zellen bieten eine weitere für die Forschung interessante Eigenschaft. Sie können Endosporen bilden, mit deren Hilfe die Bakterien widrige Umweltbedingungen wie zum Beispiel Hitze, Strahlung und Austrocknung überstehen und über mehrere tausend Jahre stabil bleiben. »Wir wollen die Möglichkeit, Daten in Zellen und Sporen dieses Bakteriums zu speichern, im Rahmen des Forschungsprojekts testen«, berichtet Becker. »Die Speicher lassen sich teils automatisiert mithilfe von Robotik konstruieren.«

Die Bakteriensporen sind zwar resistent gegen widrige Umweltbedingungen, doch nicht völlig vor Fehlern gefeit. Daher entwickeln Informatikerinnen und Informatiker Codes und Mechanismen zur Fehlerkorrektur. »Die Speicher müssen robust gegen Fehler sein, da bei der Übertragung, beim Auslesen von Daten sowie bei deren Lagerung



Foto: HA Hessen Agentur GmbH/Steffen Boettcher

Forschung zur Datenspeicherung in DNA



Foto: HA Hessen Agentur GmbH/Steffen Boettcher

Informationen verloren gehen können«, sagt Dominik Heider. »Wir suchen eine Lösung, wie man mit minimaler zusätzlicher Arbeit und minimalem zusätzlichem Speicherplatz Informationsverluste verhindern kann.« Für die Fehlerkorrektur werden unter anderem sogenannte Erasure Codes entwickelt. Neben der technischen Umsetzung von DNA-Langzeitspeichern ist das fehlerfreie Auslesen der in Mikroorganismen gespeicherten Daten ein weiteres zentrales Thema. Hierbei wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler genetische und chemische Informationscodierung miteinander verbinden. »Wir wollen außerdem Index-Lösungen finden, damit man auch Teile der gespeicherten Daten auslesen kann«, erläutert Becker.

Molekularbiologische Lösungen sind nicht der einzige Weg, den die Forschungsteams verfolgen. Teams aus der Chemie und der Physik entwickeln Moleküle, die mithilfe von Licht auf ein planares Substrat aufgebracht werden. So soll beispielsweise ein DVD-ähnliches Speichermedium entstehen. Das Ziel ist, mit dieser Technologie Daten in der Größenordnung bis zu einem Terabyte 100 Jahre lang speichern zu können.

Für die Entwicklung der Speichertechniken kooperieren die Forscherinnen und Forscher mit Fachkräften aus der Luft- und Raumfahrttechnik. Gemeinsam testen sie, ob die entwickelten Lösungen langfristig stabil sein können und zum Beispiel kosmischen Strahlen standhalten – den natürlichen Feinden der molekularen Speichermedien.

Grimms Märchen in DNA gespeichert

In Pilotprojekten testen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Codes und Materialien. »Wir speichern ausgewählte Klimadaten strukturiert in DNA«, berichtet Becker. »Konkret nutzen wir die Ozean-Temperaturdaten, die für das Weltklima relevant sind. Diese Daten sind öffentlich zugänglich und daher ideal für Tests zur Langzeitspeicherung.« Um Codes zu vergleichen, werden Grimms Märchen in DNA gespeichert. »Die Texte haben wir bewusst ausgewählt«, sagt Becker. »Sie sind ein wichtiges kulturelles Erbe, das international bekannt ist und eng mit unserem Forschungsstandort Marburg verbunden ist.«

SYNMIKRO – Zentrum für Synthetische Mikrobiologie

Der LOEWE-Schwerpunkt MOSLA ist derzeit einer der herausragenden Forschungsbereiche von SYNMIKRO. Das Forschungszentrum beschäftigt sich mit den großen Fragen zu kleinen Organismen, den Mikroorganismen. Diese sind die häufigste Lebensform auf unserem Planeten. Sie beeinflussen durch ihre Stoffwechselleistungen und Wechselwirkungen mit Pflanzen, Tieren und Menschen grundlegend das Leben auf der Erde. Ihre vielfältigen Stoffwechselleistungen bieten ein großes Potenzial, um nachhaltige Kreislaufsysteme für Umwelt, Klima und Biotechnologie zu gestalten. Das Zentrum nutzt moderne Methoden der molekularen und zellulären Mikrobiologie und Konzepte der Synthetischen Biologie, um die Vielfalt und Funktion von Mikroorganismen zu verstehen und Anwendungspotenziale zu erschließen.

Die Synthetische Biologie nutzt, angelehnt an die Ingenieurwissenschaften, Konzepte der Modularisierung und Standardisierung. So werden zelluläre Teile und Prozesse nachgebaut und zu Modulen zusammengefasst, die sich dann zu komplexeren funktionellen Einheiten kombinieren lassen. So konstruierte

Zellen könnten in der Zukunft genutzt werden, um Chemikalien, Biokraftstoffe, neue Medikamente, und Nahrungsmittelzusätze kostengünstig und umweltverträglich zu produzieren. Durch synthetisch-biologische Ansätze gewonnene, grundlegende Erkenntnisse erlauben zudem, Zusammenhänge in der komplexeren Umwelt besser zu verstehen und daraus zukünftig vielversprechende Praktiken für Umweltschutz und Landwirtschaft abzuleiten.

Von 2010 bis 2018 wurde SYNMIKRO vom Forschungsförderprogramm des Landes Hessen, der Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz (LOEWE) mit insgesamt rund 47 Millionen Euro gefördert. Seit 2019 ist das Zentrum eine feste Einrichtung der Marburger Universität. SYNMIKRO vereint etwa 40 Arbeitsgruppen der Philipps-Universität und des Max-Planck-Instituts für terrestrische Mikrobiologie aus den Fachgebieten Mikrobiologie, Genetik, Medizin, Zellbiologie, Pharmazie, Chemie, Physik, Mathematik, Informatik, Soziologie und Bioethik.

www.synmikro.com

Der Bioinformatiker Dominik Heider leitet den LOEWE-Schwerpunkt MOSLA.



Foto: HA Hessen Agentur GmbH/Stefien Boettcher

Die Herstellung von DNA-Speichern aus lebenden Zellen ist ein erfolgversprechender Weg. Daneben verfolgen die Forscherinnen und Forscher außerdem den Ansatz, zusätzlich zu den vier natürlichen DNA-Bausteinen ATGC auch synthetische Nukleotide zu nutzen, mit denen sich DNA-Speicher chemisch für eine Speicherung außerhalb von Zellen erweitern ließen. Denkbar wäre eine Erweiterung auf einen Fünfer- oder Sechsercode. »Ein Hindernis für die Speicherung in DNA sind die noch hohen Kosten für die DNA-Synthese«, sagt Anke Becker. »Zwar fallen die Kosten der DNA-Synthese kontinuierlich, ein großer Technologiesprung, der ermöglichen würde, große Mengen zu geringen Kosten herzustellen, steht aber noch aus.«

Die langfristige Speicherung wertvoller Daten ist für Archive, Bibliotheken und große Unternehmen ein enormer Kostenfaktor geworden. »Eine digitalisierte Buchseite kostet heute zirka fünf Euro, werden alle anfallenden Kosten berücksichtigt, inklusive der Kosten für Räume, Digitalisierung, Speicherplatz, Personal und Datenverluste«, schätzt Anke Becker. DNA-Speicher könnten in der Zukunft die Lösung für Archivierungsprobleme sein, da sie das Potenzial haben, riesige Datenmengen auf kleinstem Raum zuverlässig zu sichern. Für den Privatgebrauch sind die neuartigen Speichermedien nicht gedacht – hierfür sind die herkömmlichen digitalen Speichermedien derzeit nicht nur günstiger und noch völlig ausreichend, sondern auch aufgrund des schnelleren Datenzugriffs besser geeignet. ■

PROFIL

Projekt:
MOSLA – Molekulare Speicher zur
Langzeitarchivierung (LOEWE-Schwerpunkt)

Sprecher:
Prof. Dr. Dominik Heider

stellvertretende Sprecherin:
Prof. Dr. Anke Becker

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg, Justus-Liebig-
Universität Gießen

Fachgebiete:
Informatik, Biologie, Chemie

Laufzeit:
seit 2019

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt: www.mosla.de

Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmb.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/Mikroorganismen_Viren

WIE DER MENSCH DIE UMWELT VERÄNDERT

Kinder des Prometheus

Seit Jahrtausenden beeinflussen Menschen die Natur. Marburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen die Auswirkungen dieser Eingriffe in verschiedenen Regionen der Welt. Im afro-alpinen Hochgebirge rekonstruieren sie, wie dort seit der Steinzeit eine Kulturlandschaft entstanden ist. Im Regenwald Ecuadors erforschen sie, welche Auswirkungen die Landnutzung auf Ökosysteme und Klima hat. Außerdem arbeiten sie an neuen Methoden für die Umweltbeobachtung.

Wann beginnt das Anthropozän, also die Zeit, ab der Menschen begonnen haben, ihre Umwelt zu gestalten und in die Vorgänge der Natur einzugreifen? Diese Frage beschäftigt den Marburger Geographen Georg Miehe, Seniorprofessor für Vergleichende Hochgebirgsforschung, schon sein ganzes Forscherleben lang. Ihn interessiert vor allem, seit wann Menschen im Hochgebirge, einem vermeintlich lebensfeindlichen Raum, den Naturraum zu ihrer Kulturlandschaft gemacht haben. Miehe forscht seit 40 Jahren im Himalaya und im tibetischen Hochland und seit 30 Jahren in äthiopischen Hochgebirgen.

Seit 2016 können die Untersuchungen zur Umweltgeschichte des größten alpinen Ökosystems Afrikas in den südäthiopischen Bale Mountains in der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Forschungsgruppe »The Mountain Exile Hypothesis« fortgesetzt werden. Da die Fragen nur im interdisziplinären Rahmen geklärt werden können, arbeitet Miehe mit einem internationalen Forschungsteam, in dem außer der Geographie die Archäologie, Bodenkunde, Gletscherforschung, Paläoökologie, Zoologie, Populationsgenetik und Umweltinformatik vertreten sind. »Bei Hochgebirgen haben viele ein Bild von lebensfeindlichen, weitgehend unberührten, heiligen Bergen vor Augen«, sagt Miehe. Seine Hypothese: Der Mensch hat das afro-alpine Gebirge schon früh genutzt. »In der Eiszeit fanden die Menschen dort ein Refugium«, vermutet der Hochgebirgsforscher. »Als das Wasser im Gletschereis deponiert war, wurde das Vorland, wie etwa die Sahara, knochentrocken. Die Hochgebirge mit ihrem höheren Niederschlag wurden zum Wanderungsziel von Mensch und Tier. Vermutlich folgten steinzeitliche Jäger dem Wild dorthin, wo es Wasser gab – ins Gebirge.«

Bei der Rekonstruktion der alpinen Kulturlandschaften sind Spuren des Gebrauchs von Feuer ein zentrales Merkmal für den menschlichen Einfluss auf eine Landschaft. »Wir sind Kinder des Prometheus«, sagt Miehe

in Anlehnung an das Buch des Prähistorikers Herrmann Parzinger (Die Kinder des Prometheus, München 2014). »In den Bale Mountains hat unser Forschungsteam Hinweise gefunden, dass das Hochgebirge bereits vor 47.000 Jahren besiedelt war. Wir vermuten, dass Menschen Feuer zu Jagdzwecken eingesetzt haben, womit sie waldfreie Landschaften schufen.« Bislang ging die Forschung davon aus, dass das äthiopische Hochland seit 2.000 Jahren von Menschen beeinflusst ist.

Die archäologischen Teams haben Lagerplätze mittelsteinzeitlicher Jäger ausgegraben und durch mineralogische Analysen festgestellt, dass sie ihre Werkzeuge aus Obsidian, einem vulkanischen Glas, in 4.240 m gewonnen haben. Um die Entwicklung der Kulturlandschaft zu verstehen, wird auch die Verbreitung und Populationsgeschichte einer Tierart erforscht, die es nur dort gibt: der Riesenwurzleratte. Knochenfunde weisen darauf hin, dass Menschen der Mittelsteinzeit die Nagetiere in großer Zahl erbeutet haben. Die Tiere gestalten auch heute das Hochplateau durch den Bau von Erdhügeln, jedoch nur in offener Landschaft, nicht dort, wo Erika-Bäume wachsen, die für die Bale Mountains typisch sind. »Wir gehen der Hypothese nach, dass die Menschen Erika-Wälder abgebrannt haben, damit die Nagetiere einen größeren Lebensraum haben«, sagt Miehe. Die Populationsschwankungen dieser Wurzleratten können durch genetische Untersuchungen der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Nina Farwig vom Fachbereich Biologie der Universität Marburg rekonstruiert werden. In Verbindung mit archäologischen, bodenkundlichen und paläo-klimatischen Ergebnissen lässt sich die vom Klima und dem Menschen beeinflusste Umweltgeschichte dieses Ökosystems enträtseln.

Mit einer neuen Technik werden aus den Abfallhaufen von Lagerplätzen genetische Spuren der hier lebenden Menschen extrahiert. Dies ist die Aufgabe eines internationalen Teams, koordiniert von dem Marburger Biologen Dr. Lars Opgenoorth. Die Untersuchungen



Foto: Georg Miehe

Kulturlandschaft in den Bale Mountains

sollen Aufschluss über eiszeitliche Wanderungen unserer Vorfahren in Nordost-Afrika geben. »Neben der vieldiskutierten Frage, in welchen Zeiten und unter dem Einfluss welcher Klimaschwankungen die Migration ‚out of Africa‘ stattfand, stellen wir mit der Mountain Exile Hypothesis die neue Frage, seit wann Hochgebirge ein Wanderungsziel von Menschen sind«, erklärt Miehe. »Die Umweltgeschichte der Bergländer Nordost-Afrikas kann wahrscheinlich neu geschrieben werden. Nach den ersten Ergebnissen rechnen wir mit weiteren Überraschungen.«

Für Miehe ist die Forschungsgruppe ein Mehrgenerationenmodell. Die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind zwischen 20 und 82 Jahre alt. Die Generationen ergänzen sich aus Miehes Sicht perfekt: »Die Stärken der älteren Forscher sind ihre Erfahrungen und die daraus genährten Ideen und Verknüpfungen. Die Stärken der Jüngeren liegen, außer in ihrer höheren Belastbarkeit, in der Kenntnis neuer Techniken und Methoden, mit der bisher unlösbare Fragen beantwortet werden können.« So widmet sich der 2019 gestartete, von der hessischen Exzellenzinitiative geförderte LOEWE-Schwerpunkt Natur 4.0 speziell der Entwicklung solcher neuen Techniken, die helfen sollen, Vorgänge in der Natur flächendeckend und detailgenau zu erfassen und zu bewerten.

PROFIL

Projekt:
The Mountain Exile Hypothesis (DFG FOR 2358)

Sprecher:
Prof. Dr. Georg Miehe

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg, Universität Bayreuth, Universität zu Köln, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Technische Universität Dresden, Universität Bern, Aberystwyth University (Wales), Addis Abeba University (Äthiopien)

Fachgebiete:
Geographie, Biologie, Ur- und Frühgeschichte

Laufzeit:
seit 2016

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt:
www.uni-marburg.de/en/fb19/dfg2358
Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmb.de/Forschung/Profilereiche/Klima_und_Klimafolgenforschung

Radiotracking: Im Universitätswald bei Marburg beobachtet das Team von Natur 4.0 unter anderem die Bewegung von Tieren, um Rückschlüsse auf die Entwicklung des Ökosystems Wald zu ziehen.



Foto: Christoph Reudenbach



Foto: Christoph Reudenbach

Saftfluss-Messung an Bäumen im Universitätswald bei Marburg

IN DER KLIMAFORSCHUNG UNVERZICHTBAR: MATHEMATIK UND INFORMATIK

Der Umweltinformatiker Prof. Dr. Thomas Nauss, der auch Klimastationen von Forschungsgruppen am Kilimanjaro und im äthiopischen Hochland betreut, koordiniert das Projekt Natur 4.0, an dem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Marburg, Gießen, Darmstadt und Frankfurt beteiligt sind. Das Team entwickelt Instrumente und Modelle, mit denen sich zum Beispiel diese Fragen beantworten lassen: Welche Faktoren, Zusammenhänge und Prozesse spielen eine Rolle, wenn Tier- und Pflanzenarten aussterben? Was ist der Grund für das massive Insektensterben? Was bedeutet das Verschwinden von Arten für das Ökosystem?

Grundidee des Projekts ist der Aufbau eines Netzwerks aus Sensoren, das eine detaillierte und kontinuierliche Erhebung von Umweltdaten ermöglicht. Bislang konnte man entweder kleine Flächen im Detail oder große Flächen, dafür aber weniger detailliert, erheben. »Solche Kompromisse schränken die Möglichkeiten für naturschutzfachliche Planungen und Reaktionsmöglichkeiten ein«, sagt Nauss. »Unser Ziel ist ein System für die flächendeckende, hoch aufgelöste Beobachtung naturschutzrelevanter Arten, Lebensräume und Prozesse.« Dadurch soll eine bessere Grundlage für nachhaltigen Artenschutz und die Sicherung von Ökosystemfunktionen geschaffen werden.

Die Forschungsteams sammeln beispielsweise Daten über Standorte, Bewegungsprofile, Mikroklima, Lichtintensität sowie Tonaufnahmen und Bilder von den beobachteten Objekten und Lebewesen. Dafür setzen sie Satelliten, Drohnen und fahrende Roboter ein. Auch Tiere werden mit Sensoren ausgestattet. Außerdem nutzen die Fachleute Daten aus wissenschaftlichen Erhebungen oder von interessierten Bürgerinnen und Bürgern. Insgesamt entstehen auf diese Weise feinmaschige, aber auch uneinheitliche Datensätze mit zeitlichen und räumlichen Brüchen. »Für die Entwicklung von Umweltmodellen, die nicht nur erklären, was in der Natur passiert, sondern auch wie und warum, werden zusammenpassende Daten benötigt«, betont Nauss. Deshalb wird im Projekt eine Datenbank entwickelt, in der die Daten integriert und so aufbereitet werden, dass sie ausgewertet werden können. Um aus der Datenmenge naturschutzfachliche Informationen ableiten und Zusammenhänge herstellen zu können, werden maschinelle Lernverfahren entwickelt. Forschungsteams aus der Mathematik und Informatik arbeiten an Algorithmen, mit denen es beispielsweise möglich werden soll, auf der Basis von Tonaufnahmen Vogel- und Fledermausarten automatisch zu erkennen.

Die Verknüpfung kleinräumiger, detaillierter Daten und flächendeckender Fernerkundungsdaten (zum Beispiel

Luftbilder oder Radarmessungen) dient dazu, hochaufgelöste, differenzierte Raster-Karten zu erstellen. Diese geben Auskunft über die Artenvielfalt und Eigenschaften von Ökosystemen. Sie erlauben außerdem die Analyse funktioneller Zusammenhänge und Interaktionen zwischen Pflanzen, Tieren und klimatischen Bedingungen. Nicht zuletzt geht es bei Natur 4.0 auch um die Etablierung eines Frühwarnsystems. »Wenn wir beispielsweise anhand von Zeitreihen Alarmsignale zum Rückgang der Artenvielfalt wahrnehmen, besteht frühzeitig die Möglichkeit, naturschutzfachlich zu reagieren«, erklärt Nauss.

Das Testgebiet für Natur 4.0 ist der Universitätswald in Caldern bei Marburg. Auf 2,2 Quadratkilometern befindet sich dort ein typisches Wald-Ökosystem. Die Forscherinnen und Forscher befassen sich unter anderem mit Bäumen als Lebensraum und deren Interaktion mit Tier- und Insektenarten. Sie untersuchen die Bedeutung baumbewohnender Insekten für das Ökosystem Wald, die Quartierswahl und das Jagdverhalten von Fledermäusen sowie die Frage, wie Tiere und Pflanzen in Nahrungsnetzen miteinander verbunden sind und wie sie auf Veränderungen im Ökosystem reagieren. Der Universitätswald ist kein Biodiversitäts-Hotspot, doch das ist aus Sicht des Forschungsteams für die Entwicklung eines Prototyps von Natur 4.0 nicht notwendig. Die in dem Projekt entwickelten Instrumente werden auch für die Erforschung des tropischen Bergregenwaldes in Ecuador eingesetzt, eine der artenreichsten Regionen der Erde.

PROFIL

Projekt:
Natur 4.0 (LOEWE-Schwerpunkt)

Koordinator:
Prof. Dr. Thomas Nauss

stellvertretender Koordinator:
Prof. Dr. Jörg Bendix

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg, Justus-Liebig-Universität Gießen, Technische Universität Darmstadt, Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum (Frankfurt)

Fachgebiete:
Geographie, Biologie, Informatik

Laufzeit:
seit 2019

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt:
www.uni-marburg.de/de/fb19/natur40

Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmb.de/Forschung/Profilbereiche/Klima_und_Klimafolgenforschung



DER BIODIVERSITÄT GERECHT WERDEN

»Um vorauszusagen, wie sich das Klima im Bergregenwald Ecuadors bis zum Jahr 2100 entwickelt, benötigt man numerische Modelle«, sagt der Marburger Klimageograph Prof. Dr. Jörg Bendix. Doch ein Modell für ein komplexes Ökosystem entsteht nicht in wenigen Jahren. Darüber sind sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der von Bendix geleiteten und von der DFG seit 2018 geförderten Forschungsgruppe »Umweltveränderungen in Biodiversitäts-Hotspot-Ökosystemen Süd-Ecuadors: Systemantwort und Rückkopplungseffekte« (RESPECT) einig. Die Beteiligten stammen aus der Geographie, Hydrologie, Bodenkunde, Biologie und Umweltmodellation und kommen von acht deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen. Bendix erläutert, warum die Forschung notwendig ist: »Für die Tropen gibt es ein Landoberflächenmodell, das mit einer Baumart rechnet. In Ecuador sind jedoch rund 140 Baumarten auf einem einzigen Hektar zu finden. Deshalb funktioniert das Modell hinten und vorne nicht. Wir brauchen Modelle, die der Biodiversität gerecht werden.«

Bendix forscht seit fast 20 Jahren in verschiedenen interdisziplinären Verbundprojekten zu den Bergregenwäldern Ecuadors. Anfangs stand im Vordergrund, die Artenvielfalt in der Region zu erfassen und zu verstehen, wie sie zustande gekommen ist. Später untersuchte er, wie sich das Ökosystem organisiert und selbst erhält, beispielsweise indem Arten Ersatzfunktionen übernehmen, wenn eine andere verschwindet. Bendix erforschte, welche Auswirkungen menschliche Eingriffe in den Regenwald auf Ökosystemleistungen wie zum Beispiel Wasserregulation und Kohlenstoffspeicherung haben. Außerdem baute der Klimageograph ein Regenradar-Netzwerk in Ecuador auf und führte ein Umweltmonitoring ein. Ihn interessierten dabei besonders funktionale Indikatoren, zum Beispiel die Verdunstung als Zeichen für die Fähigkeit von Bäumen, Wasser an die Atmosphäre abzugeben.

Das aktuelle Projekt knüpft an diese Forschung an. »Der Klimawandel und die gegenwärtige Form der Landnutzung bedrohen das artenreiche Ökosystem im Bergregenwald von Ecuador. Wir vermuten, dass ein Naturwald resistenter gegen die Folgen des Klimawandels ist als Weiden- oder Baumplantagen. Doch wir erwarten auch, dass es möglich ist, die Widerstandsfähigkeit des gesamten Ökosystems durch nachhaltige Landnutzungssysteme zu verbessern«, erläutert Bendix die Hypothesen des Projektteams.

Um Prognosen für die Zukunft zu erstellen und Handlungsoptionen aufzeigen zu können, werden vor Ort die verschiedensten Daten erhoben, die für zwei zentrale Ökosystemfunktionen, die Biomasseproduktion und die Wasserflüsse, relevant sind. Eine statistische Analyse alter und neu erhobener Daten zeigt, welche biologischen Prozesse, wie zum Beispiel der Blattfraß von Insekten, die Ökosystemfunktionen besonders stark beeinflussen. Diese Prozesse werden dann als Module in ein Landoberflächenmodell eingebaut. Darüber hinaus wird das Modell an die hohe Zahl von Baumarten angepasst. So entsteht ein »biodiversifiziertes« Landoberflächenmodell für den Einsatz in artenreichen Gebieten der Erde.



Im Bergregenwald Süd-Ecuadors werden Bäume gerodet, um Weidenflächen zu schaffen.



Der Bergregenwald im Süden von Ecuador ist das Untersuchungsgebiet der Forschungsgruppe RESPECT.

Fotos: Jörg Bendix

Handroanthus-Baum in Süd-Ecuador, einer Region mit besonders großer Artenvielfalt

Mithilfe des Modells lassen sich Szenarien des Klimawandels und der Landnutzung simulieren und feststellen, wie sich die Stabilität der untersuchten Ökosystemfunktionen jeweils verändert. Es lässt sich auch vorhersagen, wie die Umwelt auf Klimaveränderungen antwortet, und wie diese Reaktionen wiederum das Klima beeinflussen. Ein Beispiel: Durch den Klimawandel könnte sich die Samenausbreitung durch Vögel und damit das Wachstum neuer Bäume verringern, oder der Blattverlust durch pflanzenfressende Insekten erhöhen. Weniger Blätter bedeuten jedoch, dass eine andere Oberflächenstruktur des Ökosystems entsteht. Es werden weniger Wärme und Wasserdampf in die Atmosphäre transportiert, und das trägt wiederum zum Klimawandel bei.

Das langfristige Ziel der Forschungsgruppe ist, eine nachhaltige Landnutzung zu unterstützen. Einige Empfehlungen kann Bendix aufgrund seiner langjährigen Forschung im Bergregenwald schon jetzt geben. »Das extensive Weiden ist wenig nachhaltig. Adlerfarn überwuchert die Flächen, sein Wachstum ist nicht kontrollierbar. Nach zwei bis drei Jahren ist der Boden verbraucht. Dann wird wieder ein Stück Wald gerodet. Besser wäre, vorhandene Flächen intensiver zu nutzen und nicht noch mehr Wald abzubrennen«, rät Bendix. »Die indigene Bevölkerung sollte in die Entwicklung eines neuen Landnutzungssystems eingebunden werden, denn sie arbeitet meist nachhaltig.«

PROFIL

Projekt:
RESPECT - Umweltveränderungen in Biodiversitäts-Hotspot-Ökosystemen Süd-Ecuadors: Systemantwort und Rückkopplungseffekte (DFG FOR 2730)

Sprecher:
Prof. Dr. Jörg Bendix

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg, Justus-Liebig-Universität Gießen, Karlsruher Institut für Technologie, Universität Bayreuth, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Georg-August-Universität Göttingen, Goethe-Universität Frankfurt, Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum (Frankfurt), Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

Fachgebiete:
Geographie, Umweltmanagement, Biologie

Laufzeit:
seit 2018

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt:
www.TropicalMountainForest.org
Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmmh.de/Forschung/Profilbereiche/Klima_und_Klimafolgenforschung

Für die Zukunft aufgestellt

Der Wissenschaftsrat, das wichtigste wissenschaftspolitische Beratungsgremium in Deutschland, hat in den letzten Jahren Empfehlungen für vier Forschungsbauten an der Philipps-Universität gegeben. Die vom Bund und aus Mitteln des Hessischen Hochschulbauprogramms HEUREKA finanzierten Neubauten tragen zu Schwerpunktbildungen, Interdisziplinarität und zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Marburger Forschung bei.

Das Programm Forschungsbauten, das der Wissenschaftsrat im Auftrag von Bund und Ländern durchführt, gibt es seit 2007. Die Philipps-Universität war bislang sehr erfolgreich bei der Einwerbung von Mitteln aus diesem Förderprogramm. Die neuen Gebäude tragen dazu bei, herausragende Forschungsfelder in Marburg weiter zu stärken. Auf dem natur- und lebenswissenschaftlichen Campus Lahnberge eröffnete 2014 der erste Forschungsbau: Das Zentrum für Tumor- und Immunbiologie. 2016 folgte das Forschungszentrum Deutscher Sprachatlas auf dem geistes- und sozialwissenschaftlichen Campus Firmanei in der Marburger Innenstadt. Das neue Gebäude des Zentrums für Synthetische Mikrobiologie nimmt 2020 seinen Betrieb auf den Lahnbergen auf. Auf dem Campus Firmanei entsteht bis 2021 der vierte Forschungsbau, das Deutsche Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg.

Zentrum für Tumor- und Immunbiologie (ZTI)

Das ZTI wurde gegenüber dem Biomedizinischen Forschungszentrum, dem Forschungsgebäude der klinischen Fächer, und in der Nachbarschaft des Universitätsklinikums errichtet. Die Forschung am ZTI widmet sich insbesondere der Tumorbiologie und der Immunregulierung, mit dem Fokus auf die Schnittstelle von Entzündung und Tumorentstehung, -verlauf und -resistenz. Für den Schwerpunkt Krebsforschung des Fachbereichs Medizin bietet das ZTI hervorragende Arbeitsbedingungen. Die Infrastruktur trägt wesentlich zum Erfolg der Forschung bei. Sie bieten den Arbeitsgruppen direkten Zugriff auf moderne Anwendungen, unter anderem in den Bereichen Spektroskopie, Bildgebung und bei Analysemethoden. Im ZTI treffen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Fachgebiete der Medizin, Pharmazie, Chemie und Biologie zusammen. Das fördert die interdisziplinäre Arbeit und den Austausch.



Foto: Markus Farnung

WEITERE INFORMATIONEN

Über das Zentrum für Tumor- und Immunbiologie
www.uni-marburg.de/de/fb20/bereiche/zti

Mehr zur Architektur des ZTI und Daten rund um
das Bauprojekt

www.uni-marburg.de/de/universitaet/presse/baukommunikation/campus-lahnberge/zti



Foto: Ellen Thun

Forschungszentrum Deutscher Sprachatlas (DSA)

Der 1876 gegründete DSA ist eines der traditionsreichsten sprachwissenschaftlichen Forschungszentren weltweit. Die Marburger Linguistik forscht vor allem zu Sprachdynamik und Sprachkognition. Entstanden ist dieser Schwerpunkt durch die im Jahr 2000 begonnene Zusammenarbeit der Marburger theoretischen Linguistik mit der Sprachvariations- und Sprachwandelforschung des DSA. Die einzeldisziplinären Forschungsansätze, Fragestellungen und Methoden werden so zusammengeführt, dass für die Linguistik insgesamt ein nachhaltiger Erkenntnisfortschritt möglich wird. Der Forschungsbau bietet den beteiligten Disziplinen eine gemeinsame Infrastruktur und ermöglicht das vernetzte Arbeiten: Fachleute der Variationslinguistik und Neurolinguistik arbeiten unter einem Dach mit Psycholinguistinnen und -linguisten sowie mit Sprachhistorikerinnen und -historikern.

WEITERE INFORMATIONEN

Über den DSA
www.uni-marburg.de/de/fb09/dsa

Mehr zur Architektur des DSA und Daten rund um das Bauprojekt
www.uni-marburg.de/de/universitaet/presse/baukommunikation/campus-firmani/dsa



Visualisierung: Nickl & Partner Architekten

Zentrum für Synthetische Mikrobiologie (SYNMIKRO)

Ein Meilenstein in der Geschichte von SYNMIKRO ist der Forschungsbau auf dem Campus Lahnberge der Philipps-Universität Marburg. Das Gebäude bietet Platz für 250 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Auch eine Abteilung des Max-Planck-Instituts für terrestrische Mikrobiologie (MPI) zieht mit ein – die System- und Synthetische Mikrobiologie. Insgesamt werden neben neun schon bestehenden Arbeitsgruppen auch Nachwuchsgruppen im neuen Gebäude auf den Lahnbergen arbeiten, in direkter Nachbarschaft zum MPI. »Wir schätzen die kurzen Wege, die unsere Zusammenarbeit wesentlich erleichtern«, betont die SYNMIKRO-Direktorin Anke Becker. In Verbindung mit dem Forschungsneubau wird auch die exzellente Forschungsinfrastruktur des Zentrums weiter ausgebaut. So wird beispielsweise ein neues Elektronenmikroskop für die Strukturbiochemie angeschafft. »Bislang gab es Proteinkristallografie, um Proteinstrukturen räumlich aufzuklären. Mit dem neuen Mikroskop ist es möglich, auch Proteine und Proteinkomplexe anhand einzelner Partikel zu analysieren. Man erhält damit Bilder, aus denen sich die räumliche Struktur rekonstruieren lässt«, erläutert Becker.

WEITERE INFORMATIONEN

Über SYNMIKRO
www.synmikro.com

Mehr zur Architektur des SYNMIKRO-Forschungsbaus und Daten rund um das Bauprojekt
www.uni-marburg.de/de/universitaet/presse/baukommunikation/campus-lahnberge/forschungsbau-des-zentrums-fuer-synthetische-mikrobiologie-zsm-2





Deutsches Dokumentationszentrum für Kunstgeschichte – Bildarchiv Foto Marburg (DDK)

Bis Ende 2021 entsteht in unmittelbarer Nachbarschaft zum Deutschen Sprachatlas ein neuer Forschungsbau für das DDK. Es ist eine national und international agierende Forschungs- und Serviceeinrichtung, getragen von der Philipps-Universität Marburg. Ihr Auftrag umfasst die Sammlung, Erschließung und Vermittlung von Fotografien zur europäischen Kunst und Architektur sowie die Erforschung der Geschichte, Praxis und Theorie der Überlieferung von visuellem Kulturgut – vor allem die Erkundung der damit verbundenen medialen Transformationsprozesse, der Bedingungen des Speicherns von Wissen in visueller Form und der Bedeutung der Erinnerung visueller Kultur in der Gesellschaft. Mit rund 1,7 Millionen Aufnahmen ist das DDK eines der größten Bildarchive zur europäischen Kunst und Architektur. Durch den Aufbau kooperativer Strukturen unterstützt Foto Marburg die Dokumentationsarbeit an Museen, Denkmalämtern, Bibliotheken und Forschungsinstituten. Mit der Veröffentlichung von Bildmaterial und Erschließungsdaten von über 80 Partneereinrichtungen bedient das DDK Verlage, Redaktionen, die Forschung und alle Interessierten.

WEITERE INFORMATIONEN

Über das DDK
www.uni-marburg.de/de/fotomarburg

Mehr Informationen zur Architektur des DDK und Daten
rund um das Bauprojekt
[www.uni-marburg.de/de/universitaet/presse/
baukommunikation/campus-firmani/ddk](http://www.uni-marburg.de/de/universitaet/presse/baukommunikation/campus-firmani/ddk)



IM DIENST DES PATIENTEN

Grundlagenforschung und patientennahe Forschung wachsen zusammen: Mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg als einem der größten Universitätsklinika Deutschlands ist die Philipps-Universität Teil eines forschungsstarken Medizinstandorts. Neben den Schwerpunkten in den Bereichen Tumorbologie und Onkologie, Infektion, Inflammation und Immunität sowie Neurowissenschaften sind auch die Grundlagenbereiche Zellbiologie und Genregulation als Schwerpunkte am Fachbereich Medizin der Philipps-Universität vertreten. Die Forschungsschwerpunkte überlappen sich und arbeiten eng zusammen, um Ursachen und Zusammenhänge zum Beispiel bei der Entstehung von Tumorerkrankungen zu ergründen. Für die Grundlagenforschung stehen im Zentrum für Tumor- und Immunbiologie anspruchsvolle Technologien sowie moderne Anwendungen und Methoden zur Verfügung. Sie unterstützen die Entwicklung von Therapieansätzen, beispielsweise für den bislang nur schwer behandelbaren Bauchspeicheldrüsenkrebs. In der Infektionsforschung liegt der Fokus auf der Virologie und Impfstoffentwicklung. Das Hochsicherheitslabor (BSL4) bietet die dafür notwendige Infrastruktur. Bei der Bekämpfung hochpathogener Viren wie beispielsweise dem Ebola-Virus arbeiten die Marburger Virologinnen und Virologen in internationalen Konsortien mit an der Entwicklung von Impfstoffen und Arzneimitteln.

ERFORSCHUNG DES BAUCHSPEICHELDRÜSENTUMORS

Mauern durchbrechen

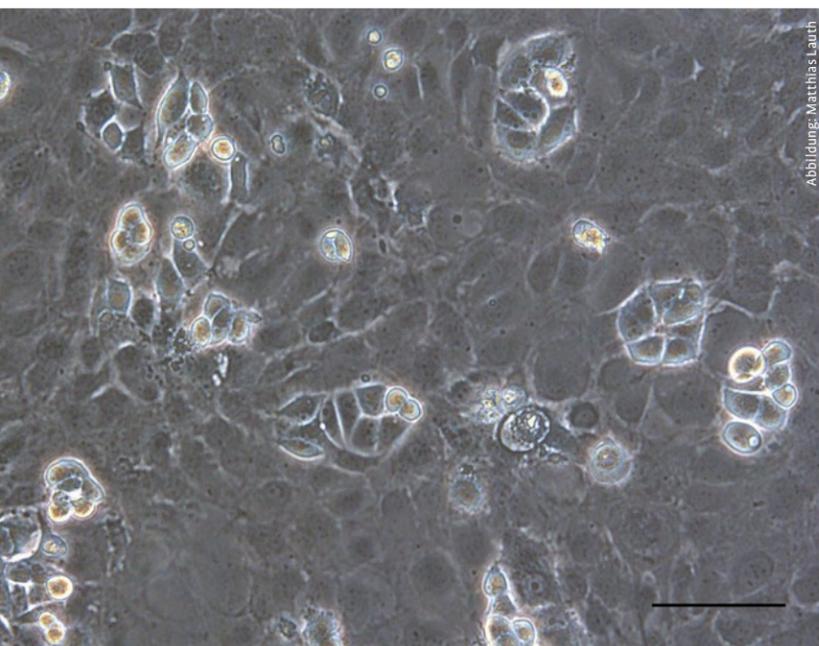
Bauchspeicheldrüsenkrebs wird meistens spät diagnostiziert, metastasiert früh und ist schwer zu behandeln. Zwar hat die Forschung erreicht, dass die mittlere Überlebenszeit von wenigen Wochen auf über ein Jahr gestiegen ist, doch es werden nur langsam weitere Fortschritte erzielt. Auf der Suche nach neuen Therapieansätzen erforschen Marburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das Bindegewebe, das den Tumor gegen das Immunsystem abschottet.

Die Bauchspeicheldrüse (Pankreas) erfüllt wichtige Funktionen: Sie bildet Verdauungsenzyme und reguliert über die Hormone Insulin und Glucagon den Blutzuckerspiegel. Jedes Jahr erkranken in Deutschland rund 17.000 Menschen an einem Pankreaskarzinom, die meisten von ihnen am duktaalen Adenokarzinom. Der Tumor verursacht anfangs keine spezifischen Beschwerden und ist in der Bildgebung meist erst ab einem Zentimeter Größe zu erkennen. Bei der Diagnose ist die Erkrankung meistens schon weit fortgeschritten. Mit etwa sieben Prozent weist das Pankreaskarzinom die niedrigste Fünf-Jahres-Überlebensrate unter allen Krebserkrankungen auf und ist die vierthäufigste Krebstodesursache.

Eines der größten Probleme für die Behandlung ist die Heterogenität dieses Krebses. »Es gibt 20 bis 30 verschiedene Untergruppen des Tumors, für die im Prinzip jeweils andere Medikamente oder Medikamenten-Kombinationen nötig wären«, sagt der Marburger Mediziner Prof. Dr. Thomas Gress, Direktor der Klinik für Gastroenterologie, Endokrinologie, Stoffwechsel und klinische Infektiologie am Universitätsklinikum Marburg. Bis 2011 gab es nur ein einziges Medikament für die Behandlung des Pankreaskarzinoms. Mit dem Wirkstoff Gemcitabin lag die mittlere Überlebenszeit anfangs bei vier bis fünf Monaten. In den letzten Jahren wurden Wirkstoff-Kombinationen gefunden, mit denen Patienten neun bis 15 Monate überleben. »Unsere Hoffnung ist, dass wir dazu beitragen, die mittlere Überlebenszeit zu verdoppeln«, sagt Gress. Er ist Sprecher einer interdisziplinären, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten klinischen Forschungsgruppe, die seit 2018 daran arbeitet, die Früherkennung und Behandlungsmöglichkeiten für diesen besonders aggressiven Krebs zu verbessern.

Die Tumorumgebung umprogrammieren

»Nach heutigem Kenntnisstand liegt der Ansatz für die Suche nach neuen Therapien beim Immunsystem«, erklärt Gress. Bei Melanomen und Lungenkrebs funktionieren Immuntherapien schon gut, doch beim Pankreaskrebs steht die Forschung noch am Anfang. »Der Tumor wird massiv von Bindegewebe durchzogen und dieses blockiert die Funktion des Immunsystems«, erläutert Gress einen wesentlichen Grund, warum die geläufige Krebsbehandlung kaum Wirkung zeigt. Ein weiteres Resultat des stark ausgeprägten Bindegewebes beziehungsweise Stromas ist, dass die Pankreastumore nur wenige Blutgefäße besitzen, sodass Medikamente den Tumor nur schwer erreichen können. Das Bindegewebe um den Tumor herum einfach zu entfernen, ist allerdings keine Lösung, denn es enthält auch Bestandteile, die das Tumorwachstum bremsen. »Der Tumor würde umso schneller nachwachsen und Metastasen produzieren«, erklärt Prof. Dr. Matthias Lauth, der Leiter der Klinischen



Zellinseln auf Stroma-Fibroblasten

Abbildung: Matthias Lauth

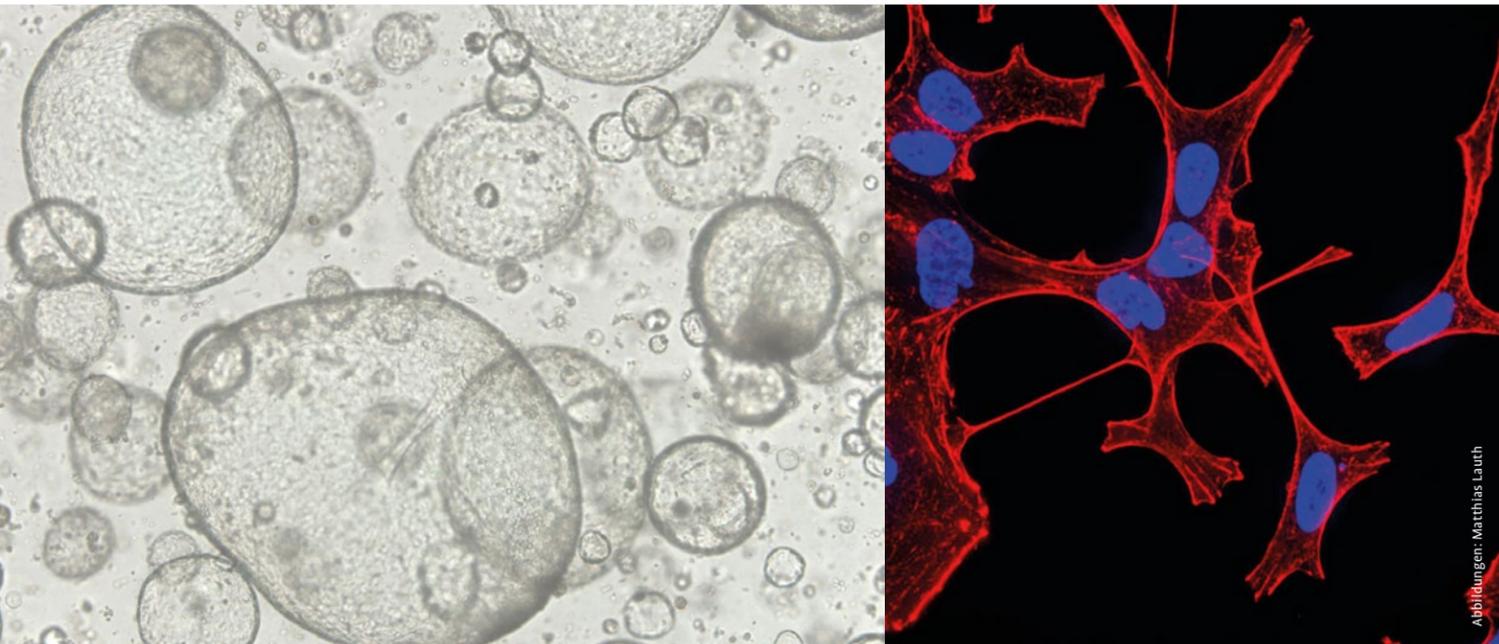


Matthias Lauth forscht im Zentrum für Tumor- und Immunbiologie.

Forschungsgruppe. Das Team betrachtet daher nicht die Tumorzellen alleine, sondern das Zusammenspiel mit ihrer unmittelbaren Umgebung. Denn hier liegt vermutlich der Schlüssel, um die unterdrückten Immunzellen des Pankreas wieder zu aktivieren. »Wir suchen Wege, die Tumorumgebung zu re-programmieren, das heißt, die tumorbremsenden Anteile zu stärken und die tumorfördernden Anteile zu bremsen«, erklärt Lauth.

Auf dem Weg dahin betrachten die Forschungsteams verschiedene Zellpopulationen, die im Tumor und Bindegewebe interagieren. Sie wollen verstehen, wie Zellen, die eigentlich zum schützenden Immunsystem gehören, dazu gebracht werden, den Krebs zu fördern. Im Fokus stehen beispielsweise die T-Zellen, die Krankheitserreger erkennen und die Immunabwehr regulieren. Sie infiltrieren zwar das Pankreaskarzinom, verlieren dort jedoch ihre Fähigkeit, den Tumor zu bekämpfen. Daher untersucht ein Projekt diejenigen Mechanismen, die hinter der Erschöpfung der T-Zellen im Tumor stecken. Darüber hinaus werden auch noch weitere Zelltypen und Proteine im Forschungskonsortium untersucht: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Immunologie befassen sich mit den Toll-like Rezeptoren (TLR). Diese werden vor allem von Immunzellen, aber auch von Krebs- und Stromazellen gebildet. Die Frage ist, ob und inwieweit die TLR das Tumorwachstum fördern und als Behandlungsziele in Frage kommen.

Tumorbiologinnen und -biologen nehmen außerdem die extrazellulären Vesikel in den Blick, die beispielsweise die Aktivität der natürlichen Killerzellen (NK-Zellen) regulieren. Sie wollen den Einfluss der Vesikel auf die Mikroumgebung des Pankreastumors und auf die Abwehrreaktion der NK-Zellen ergründen, um Ansatzpunkte für Immuntherapien abzuleiten. Forscherinnen und Forscher aus der Molekularbiologie und der Viszeralchirurgie befassen sich mit der Rolle bestimmter Proteine (ADAM8, PRMT1) bei der Interaktion zwischen Tumor und Mikroumgebung. Diese Proteine treten im Pankreaskarzinom in erhöhter Menge auf, und das Forschungsteam untersucht zum Beispiel, ob sich therapeutische Wirkungen zeigen, wenn diese Proteine gehemmt werden.



Organotide sind im Reagenzglas geschaffene, künstliche Tumore.

Tumorzellen im Fluoreszenzmikroskop

Abbildungen: Matthias Lauth

Foto: Henrik Isenberg



Forschen zum Pankreaskarzinom: Die Marburger Wissenschaftler Matthias Lauth, Thomas Gress und Malte Buchholz (von links nach rechts).

Die Zukunft gehört der Immuntherapie

Auf der Suche nach neuen Behandlungsmöglichkeiten arbeiten Tumorbiologinnen und -biologen eng mit der Pharmazie zusammen. Sie suchen Wirkstoffe, die es ermöglichen, Tumor- und Bindegewebszellen im Pankreaskarzinom umzuprogrammieren. Dafür wollen sie z. B. den Hedgehog (Hh)-Signalweg adressieren, welcher für die Bildung des Bindegewebes innerhalb des Pankreastumors verantwortlich ist. Paradoxerweise trägt der Hh-Signalweg auch dazu bei, die Tumorbildung zu hemmen und die Zelldifferenzierung zu fördern, was die funktionelle Komplexität des Bindegewebes verdeutlicht. Der neu zu entwickelnde Wirkstoff sollte die positiven Stroma-Eigenschaften verstärken, die negativen Eigenschaften verhindern und seine therapeutischen Effekte quasi über den «Umweg» des Stromas entfalten.

»Grundlagenwissenschaft und klinische Forschung finden im Zentrum für Tumor- und Immunbiologie der Philipps-Universität Marburg beste technische Voraussetzungen«, betonen Gress und Lauth. Viele zelluläre Vorgänge untersuchen die Forschungsteams mithilfe von Mausmodellen des Pankreaskrebses, die dem humanen System entsprechen. Deshalb ist es eine große Unterstützung, dass im ZTI hochentwickelte Bildgebungsverfahren vorhanden sind, zum Beispiel Magnetresonanztomographie (MRT) und Positronenemissionstomographie (PET) sowie ein Kleintier-Ultraschallgerät zur Untersuchung von Labormäusen. Ein Zwei-Photonen-Mikroskop ermöglicht die Beobachtung von Zellen im lebenden Organismus und mittels eines Spinning-Disk-Mikroskops lassen sich besonders schnelle Bewegungen und Interaktionen von Tumorzellen in hoher Auflösung messen und im Zeitraffer verfolgen. Außerdem werden am ZTI 3D-Zellkulturen, sogenannte Organotide, hergestellt. Diese im Reagenzglas geschaffenen künstlichen Tumore dienen dazu, neu entwickelte Substanzen auf ihre Wirksamkeit als mögliche Medikamente zu erproben.

Zahlreiche Forscher des ZTI setzen in ihren Arbeiten auf die Biobank des Fachbereichs Medizin. Hier werden unter anderem Patiententumore gesammelt und charakterisiert, Gensequenzen analysiert und klinische Verläufe der Tumorentwicklung dokumentiert. Standardisierte Blutproben von Erkrankten werden mit Hochdurchsatzgeräten auf Biomarker für Pankreaskrebs untersucht. Biomarkerprofile für die vielfältigen Ausprägungen des Pankreaskrebses zu identifizieren, ist ein wichtiges Ziel der Forschungsgruppe. Solche Profile im Blut geben Auskunft über den genauen Krebs-Subtyp und ermöglichen die präzise Steuerung der Therapie. »Bislang müssen wir schauen, ob eine Therapie anspricht und bei Bedarf verändern«, berichtet Gress aus der Praxis. »Wichtig wäre, schon vor Behandlungsbeginn zu wissen, welche Therapie für jeden einzelnen Betroffenen am besten passt.«

Mit ihrer anwendungsbezogenen Forschung wollen die Marburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vor allem an der Entwicklung von Stroma-gerichteten Therapien gegen Pankreaskrebs mitwirken. »Bei einer kleinen Patientengruppe mit einem bestimmten Tumor-Subtyp ist es gelungen, den Tumor mithilfe einer Immuntherapie zurückzudrängen. Dies gelang zwar nur kurzfristig, aber ich bin sicher, dass diesem Verfahren die Zukunft gehört«, sagt Gress hoffnungsvoll. ■

PROFIL

Projekt:
Klinische Relevanz der Tumor-Stroma-Wechselwirkungen im Pankreaskarzinom (DFG KFO 325)

Sprecher:
Prof. Dr. Thomas Gress

Leiter:
Prof. Dr. Matthias Lauth

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg,
Universitätsklinikum Gießen und Marburg
(Standort Marburg)

Fachbereiche:
Medizin, Pharmazie

Laufzeit:
seit 2018

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt:
www.uni-marburg.de/fb20/zti/kfo325

Zentrum für Tumor- und Immunbiologie:
www.uni-marburg.de/fb20/zti

Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcjh.de/Forschung/Profilbereiche/Tumorforschung_Immunologie

FORSCHUNG ZU HOCPATHOGENEN VIREN

Hoffnung im Kampf gegen Ebola

Die Ebola-Epidemie in Westafrika wirkte 2014 wie ein Weckruf, der dazu geführt hat, weltweit Kräfte im Kampf gegen das Virus zu bündeln. Die Virologinnen und Virologen der Philipps-Universität haben sich an der Entwicklung eines Impfstoffs beteiligt. Im Marburger Hochsicherheitslabor werden auch andere gefährliche Erreger erforscht mit dem Ziel, Impfstoffe zu entwickeln. Die Erreger heißen zum Beispiel Nipah, Lassa oder MERS-Corona und gehören zu den RNA-Viren.

In der Demokratischen Republik Kongo wurden ab August 2018 Fälle von Infektionen mit dem Ebola-Virus bekannt. Es drohte die Gefahr einer Epidemie. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) startete eine Impfkampagne mit einem noch nicht zugelassenen Impfstoff. An dessen Entwicklung war die Marburger Virologie beteiligt. Bis Dezember 2019 wurden über 200.000 Menschen in dem zentralafrikanischen Land geimpft – unter schwierigen logistischen Bedingungen, denn im Land herrscht Krieg. Es ist dort der schwerste Ebola-Ausbruch seit der Entdeckung des Virus im Jahr 1976.

Das Ebola-Virus gehört zu den gefährlichsten Krankheitserregern überhaupt. Infizierte können das nach einem Fluss im Kongo benannte Virus über Körperflüssigkeiten wie Blut oder Schweiß übertragen. Nach einer Inkubationszeit von bis zu drei Wochen zeigen sich Symptome wie bei einer Grippe, schließlich leiden die Betroffenen an inneren Blutungen. Etwa die Hälfte der Erkrankten überlebt die Infektion nicht. Ebola ist mit dem Marburg-Virus verwandt, das 1967 in einem Labor der damaligen Behringwerke in Marburg entdeckt wurde. Seitdem wird an der Philipps-Universität an hochpathogenen Viren gearbeitet. Herzstück und Voraussetzung für die Forschung ist das Hochsicherheitslabor (Biosafety Level 4) auf den Marburger Lahnbergen, eines von vier Laboren in Deutschland und das einzige mit der höchsten biologischen Schutzstufe an einer Universität. Dort und im angrenzenden Biomedizinischen Forschungszentrum arbeitet Prof. Dr. Stephan Becker, Direktor des Instituts für Virologie der Philipps-Universität mit seinem Team. Beckers Schwerpunkte sind die Molekularbiologie von Filoviren, einer Gruppe von RNA-Viren, zu denen auch Ebola und der Marburg-Virus gehören, sowie die Impfstoffentwicklung.

Impfstoff gegen Ebola wirkt

Bei der Bekämpfung von Ebola liegt die Hoffnung auf einem experimentellen Impfstoff mit dem Namen rVSV-ZEBOV, der bereits 2003 in Kanada entwickelt und 2005 in einer präklinischen Studie getestet worden war. Dabei handelt es sich um einen Lebendimpfstoff, der auf einem abgeschwächten, gentechnisch veränderten Vesikulären Stomatitis Virus (VSV) basiert. Das Virus trägt ein Oberflächenprotein des Ebola-Virus. Gegen dieses Protein soll das Immunsystem der Geimpften Antikörper bilden. Im Falle von Ebola mobilisierte erst die Epidemie in Westafrika weltweit alle Kräfte, um mit dem Impfstoff in die klinische Erprobung einzutreten und die Zulassung voranzutreiben. Die WHO initiierte 2014 vier klinische Phase-I-Studien in Afrika und Europa mit insgesamt 158 gesunden Testpersonen, um umfassende Daten zur Sicherheit, Verträglichkeit sowie zur Impfdosis zu generieren. Das Deutsche Zentrum für Infektionsforschung (DZIF), dem auch die Virologinnen und Virologen aus Marburg angehören, hat an der Vorbereitung der Studien mitgewirkt und in Hamburg eine der klinischen Phase-I-Studien durchgeführt.

Der Impfstoff erwies sich in den Studien als verträglich und sicher. Das Team von Stephan Becker an der Philipps-Universität untersuchte die Immunantwort aller Testpersonen. »Bei allen Studienteilnehmern hat das Immunsystem nach wenigen Tagen Antikörper gebildet«, berichtet Becker, der im DZIF einen Verbund zur Forschung im Kampf gegen Ebola und gegen neu auftretende Infektionskrankheiten leitet. »Diese Antikörper haben die Infektion durch das Ebola-Virus im Reagenzglas gehemmt und waren auch nach sechs Monaten noch nachweisbar.« Die Ergebnisse sind in weitere Studien eingeflossen. Der Impfstoff wurde in Westafrika auch in Phase II/III-Studien mit mehreren tausend Probandinnen und Probanden

Im Hochsicherheitslabor der Philipps-Universität Marburg wird an hochpathogenen Viren geforscht.



Foto: HA Hessen schafft Wissen GmbH/Anna Schroll

getestet. Vor allem medizinisches Personal und Kontaktpersonen von Ebola-Erkrankten erhielten eine Impfung. Die Europäische Arzneimittel Behörde erteilte im November 2019 die Zulassung des Impfstoffs. Doch es bleibt viel zu tun. So wirkt der Impfstoff nur gegen das Ebola-Virus vom Subtyp »Zaire«. Daher entwickelten die Mitglieder in dem von Becker koordinierten Verbund Impfstoffplattformen, um schneller Impfstoffe gegen verschiedene Ebola-Stämme produzieren zu können.

Weltweite Allianz beschleunigt Fortschritte

Die Forscherinnen und Forscher in dem von Becker geleiteten Verbund befassen sich auch mit anderen gefährlichen Erregern, die wie Ebola plötzlich auftreten können. Dazu gehört das MERS-Coronavirus, das 2012 in Saudi-Arabien ausgebrochen ist und eine schwere Lungenerkrankung hervorruft, die durch die Luft übertragen wird. Im DZIF wurde ein Impfstoffkandidat gegen das MERS-Virus entwickelt, der sich nun in der klinischen Erprobung befindet. Insgesamt habe sich nach der Ebola-Epidemie in Westafrika viel getan, meint Becker. So hat die WHO eine Richtlinie zur raschen Erforschung und Entwicklung neuer Impfstoffe erarbeitet. »Wir kommen heute schneller in die klinische



Der Marburger Virologe Stephan Becker.

Foto: Rolf K. Wegst

Phase«, sagt Becker. Dazu trägt auch eine weltweite Allianz zwischen WHO, Regierungen, Forschungseinrichtungen und Stiftungen bei. Die »Koalition für Innovationen im Kampf gegen Epidemien« (CEPI) verfolgt das Ziel, Impfstoffkandidaten für die bedrohlichsten Erreger zu entwickeln und klinisch zu testen. Als Erstes widmet sich die Koalition, an der das DZIF beteiligt ist, den Erregern Lassa, Nipah und MERS-Corona. CEPI stellt auch finanzielle Mittel für Impfstoff-Tests bereit. »Klinische Studien ab der Phase II mit großen Probandengruppen kosten Millionen und können nicht alleine von der akademischen Forschung geschultert werden«, betont Becker.

Die Marburger Virologie ist Teil eines breiten Netzwerks im Bereich der Forschung zu Viren und vernachlässigten Tropenkrankheiten. In Hessen kooperieren die Virologinnen und Virologen mit der Universität Gießen, der Universität Frankfurt und dem Paul-Ehrlich-Institut in Langen in dem durch die hessische Landesregierung geförderten LOEWE-Zentrum DRUID. Hier wird nach neuen Ansatzpunkten für den Kampf gegen verschiedene tropische Erreger gesucht. Stephan Becker ist auch Sprecher des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereichs, in dem die drei Partner ein Dutzend verschiedene RNA-Viren erforschen, darunter Ebola, Marburg-Virus, Nipah, Lassa, Corona- und Grippeviren. RNA-Viren sind eine besondere Herausforderung für die Forschung. »Ihre Genom-Vermehrung weist eine hohe Fehlerrate auf. Dadurch entstehen genetisch diversifizierte Viruspopulationen. In kürzester Zeit entstehen Virenvarianten, die an veränderte Bedingungen angepasst sind und sich sehr effizient vermehren«, erklärt Becker die wesentliche Fähigkeit der RNA-Viren. Die Forscherinnen

und Forscher wollen verstehen, wie sich RNA-Viren vermehren. Sie untersuchen auch, wie das Virus auf die Zelle wirkt und warum es so schwere Krankheiten verursacht. Hier spielt das Interferon-System eine wichtige Rolle. Jede Zelle verfügt über ein Arsenal an Interferonen, die bei Infektionen antiviral wirkende Proteine bilden. »Das Virus hat Mechanismen entwickelt, um dieses System auszuhebeln«, erklärt Becker. Eine weitere Frage ist, wie Zellen auf eine Infektion reagieren. Welche Abwehr- oder Reparaturprogramme laufen ab und wie können diese unterstützt oder verändert werden? Damit die Beobachtungen, wie sich die verschiedenen Viren im Zuge einer Infektion verhalten, vergleichbar werden, gibt es ein Standardverfahren. »Alle Arbeitsgruppen verwenden die gleichen Zellen und infizieren sie auf die gleiche Weise mit den jeweiligen Viren«, erklärt Becker. »Das erleichtert uns die Suche nach einem Mechanismus, der möglichst viele Erreger aus der RNA-Virusfamilie hemmt.«

Im Hinblick auf Ebola steht die Entwicklung eines Wirkstoffs, der in der Lage ist, das Virus zu hemmen noch aus. Doch Becker ist zusammen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Zellbiologie und Biochemie einen wichtigen Schritt vorangekommen: Sie entwickelten einen künstlichen Hemmstoff, der die Interaktion zwischen einer zellulären Phosphatase und dem Virus unterdrückt und so die Vermehrung des Ebola-Virus deutlich bremst. »Das könnte die Entwicklung eines Arzneimittels gegen Ebola ermöglichen«, hofft der Marburger Virologe. ■

PROFIL

Projekt:
RNA-Viren: Metabolismus viraler RNA, Immunantwort der Wirtszellen und virale Pathogenese (DFG SFB 1021)

Sprecher:
Prof. Dr. Stephan Becker

Beteiligte:
Philipps-Universität Marburg, Justus-Liebig-Universität Gießen, Paul-Ehrlich-Institut (Langen), Universitätsklinikum Gießen und Marburg (Standort Gießen)

Fachbereiche:
Medizin, Pharmazie, Veterinärmedizin, Chemie

Laufzeit:
seit 2013

WEITERE INFORMATIONEN

Zum Projekt: www.sfb1021.de

LOEWE-Zentrum DRUID »Novel Drug Targets against Poverty-Related and Neglected Tropical Infectious Diseases«:
www.uni-giessen.de/fbz/fb09/institute/ernaehrungswissenschaft/prof/becker/druid/copy_of_index

Deutsches Zentrum für Infektionsforschung:
www.dzif.de

CEPI Coalition for Epidemic Preparedness Innovations:
www.cepi.net

Forschungscampus Mittelhessen:
www.fcmb.de/Forschung/Campus-Schwerpunkte_Folder/Mikroorganismen_Viren

Impressum

HERAUSGEBER

Philipps-Universität Marburg
Die Präsidentin
Biegenstraße 10
35032 Marburg
www.uni-marburg.de

REDAKTION

Andrea Ruppel, Hochschulkommunikation

GESTALTUNG

AS'C Arkadij Schewtschenko Communications, Frankfurt am Main
www.ascfrankfurt.de

FOTOS TITELSEITE

Katja Trachte (oben links),
Henrik Isenberg (oben Mitte),
Rolf K. Wegst (oben rechts),
HA Hessen Agentur GmbH,
Steffen Boettcher (unten)

DRUCK

AZ Druck und Datentechnik, Kempten



