

Ausgabe 03/2012 – ISSN 1436-753X

AkademieAktuell

ZEITSCHRIFT DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

Schwerpunkt

Herausforderung Mobilität

Wie bewegen wir uns
im 21. Jahrhundert?



Bayerische
Akademie der Wissenschaften

Liebe Leserinnen, liebe Leser!

MOBILITÄT IST EIN Grundbedürfnis des Menschen und zugleich eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Nie zuvor war der Mensch so mobil wie heute – allerdings um den Preis von verstopften Innenstädten, Umweltverschmutzung und Ressourcenverbrauch. Vielerorts wird versucht, neue Wege zu gehen, ob durch Carsharing, Elektromobilität oder moderne Verkehrsleitsysteme. Wissenschaft und Forschung haben großen Anteil an diesen Innovationen. Das nehmen wir zum Anlass, dem Thema „Mobilität“ diese Ausgabe zu widmen. Dabei soll es nicht nur um den Individualverkehr gehen: Mobilität umfasst viele Bereiche unseres Lebens.



ABB.: ARCHIV

Ulrich Wagner stellt neue Entwicklungen in der Elektromobilität vor (S. 8), Robert F. Singer erklärt, wie innovative Materialien den Fahrzeugleichtbau voranbringen (S. 12). Joachim Hagenauer und Johannes Huber stellen die 30-jährige Geschichte des digitalen Mobilfunks in den Mittelpunkt (S. 26), Helmut Reiser erklärt die rasante Entwicklung des mobilen Internet (S. 30). Neue Erkenntnisse aus der Bionik präsentieren Gottfried Sachs (S. 15) sowie Philipp Hartl, Martin Wikelski und Aloysius Wehr (S. 18). Und wie bewegt sich der Mensch? Über seinen Gang, speziell die Mobilität in Alter und Krankheit, forschen Klaus Jahn und Thomas Brandt (S. 22).

Wie gelingt jungen Menschen heute der Berufseinstieg und wie sind ihre Karrierechancen? Diese Frage der sozialen Mobilität erforschen Hans-Peter Blossfeld und Sandra Buchholz (S. 34). Schließlich werfen wir einen Blick in die Geschichte: Der Archäologe Volker Bierbrauer stellt Mobilitätstheorien des 5. und 6. Jahrhunderts n. Chr. vor (S. 40), Stephan Deutinger berichtet über die erstaunliche Weitsicht des Pioniers der Eisenbahn in Bayern, Joseph von Baader (S. 44). Zum Abschluss macht Johannes John einen Streifzug durch die Literaturgeschichte: von Goethes Welt-Literatur über Bruce Chatwins Wanderungen in Patagonien bis zu Bertolt Brecht im Steyrwagen (S. 47).

Unsere technikwissenschaftliche Kommission, das BAdW Forum Technologie, hat sich besonders für die aktuelle Ausgabe engagiert. Ihren Mitgliedern, aber auch allen anderen Autorinnen und Autoren, gilt mein herzlicher Dank. Ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre!

Prof. Dr. Karl-Heinz Hoffmann
Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften



ABB.: ISTOCKPHOTO.COM/GIORGIO FOCHESSATO

Unser Titel

Das Titelfoto zeigt eine Nachtaufnahme der thailändischen Hauptstadt Bangkok, die in den letzten Jahrzehnten dynamisch, jedoch weitgehend ungeplant gewachsen ist. In der Metropolregion Bangkok leben heute mehr als 14,5 Millionen Menschen.

Das Foto wurde mit einem Tilt-and-Shift-Objektiv gemacht, mit dem sich Miniatur-Effekte erzeugen lassen.

INHALT

Heft 42

Ausgabe

03-2012

AKTUELL

- 5 **Europas schnellster Rechner – Im Dialog mit Richard Strauss – Ergebnisse der Exzellenzinitiative 2012 – Die Akademie zu Gast in Würzburg**

THEMA

- 6 **Herausforderung Mobilität**
Von Joachim Hagenauer
- 8 **Elektromobilität – ein multifunktionaler Baustein für umweltschonende Mobilität**
Von Ulrich Wagner
- 12 **Leichtbau ist schwer**
Von Robert F. Singer
- 15 **Unbegrenzte Mobilität ohne Energieaufwand: der dynamische Segelflug der Albatrosse**
Von Gottfried Sachs
- 18 **Tiere auf Wanderschaft**
Von Martin Wikelski, Philipp Hartl und Aloysius Wehr
- 22 **Wie Alter und Krankheit unseren Gang verändern**
Von Klaus Jahn und Thomas Brandt
- 26 **Mobilfunk – Informationsmotor für die digitale Informationsübertragung**
Von Joachim Hagenauer und Johannes Huber
- 30 **An jedem Ort, zu jeder Zeit: Mobilität im „Netz“**
Von Helmut Reiser
- 34 **Schwerer Einstieg ins Berufsleben**
Von Hans-Peter Blossfeld und Sandra Buchholz

- 40 **Italische Ostgoten im bayerischen Voralpenland?**

Von Volker Bierbrauer

- 44 **Über „fortschaffende Mechanik“ und „eiserne Kunststraßen“**

Von Stephan Deutinger

- 47 **„Die Zeit ist vorüber wo man abenteuerlich in die weite Welt rannte ...“**

Von Johannes John

FORSCHUNG

- 50 **Die Zukunft unserer Erde**

Von Christian Heipke

FÖRDERKOLLEG

- 57 **Germanistik, Medizin, Künstliche Intelligenz: Neue Mitglieder im BAdW-Förderkolleg**

Interview mit Katrin Dennerlein, Kilian Eyerich und Alexandra Kirsch

PERSONEN

- 62 **Kurz notiert**

Von Gisela von Klauy

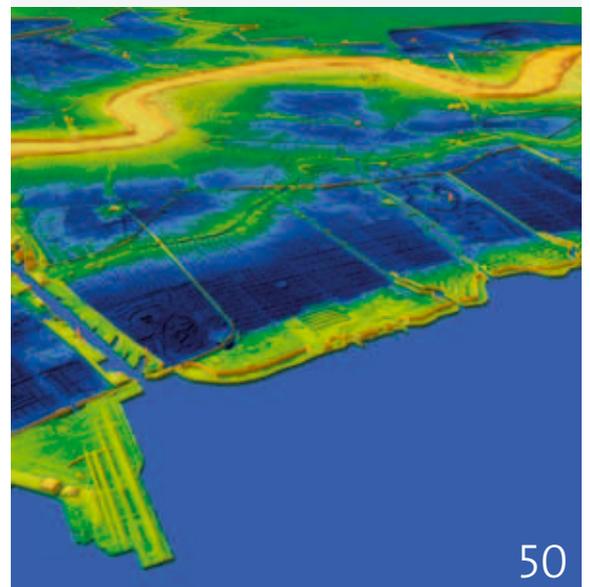
VORSCHAU

- 64 **Termine Oktober bis November 2012**

INFO

- 66 **Auf einen Blick**

- 66 **Impressum**



Im Dialog mit Richard Strauss

DER MÜNCHNER Komponist, der zu den Begründern der musikalischen Moderne zählt, stand im Mittelpunkt einer Reihe, die die Bayerische Akademie der Wissenschaften und die Bayerische Akademie der Schönen Künste im Sommer 2012 gemeinsam veranstalteten. Hartmut Schick (LMU München), Leiter der Kritischen Strauss-Werkeausgabe, hatte drei Abende konzipiert: zur kaum bekannten Umarbeitung der „Salome“ zu einer französischen Oper, zur Zusammenarbeit von Strauss mit Hugo von Hofmannsthal und schließlich eine glanzvolle Aufführung des selten gespielten satirischen Liederzyklus „Krämerspiegel“ op. 66, bei dem der Pianist Jan Philip Schulze und die Sopranistin Sarah Maria Sun „parodistische Elemente darstellerisch voll auskosteten“, wie die „Süddeutsche Zeitung“ bemerkte. ■



Die Akademie zu Gast in Würzburg

ERSTMALS BEGAB sich die Akademie am 15. Juni 2012 in eine bayerische Universitätsstadt außerhalb Münchens, und zwar nach Würzburg. Im Toscanasaal der Residenz fand eine Gesamtsitzung ihrer Mitglieder statt, anschließend diskutierten Friedrich Wilhelm Graf (LMU München), Horst Dreier (Uni Würzburg), Helmut Friess (TU München) und Mathias Pfau (Juliusspital Würzburg) bei einer öffentlichen Podiumsveranstaltung über „Organspende – Chancen und Risiken“. „Mit der neuen Reihe ‚Die Akademie zu Gast in ...‘ wollen wir auch an anderen Orten das generelle Informationsbedürfnis bei kontroversen Themen aufgreifen“, erklärte Akademiepräsident Karl-Heinz Hoffmann. Eine Gesamtsitzung pro Jahr soll künftig jeweils in einer anderen bayerischen Universitätsstadt stattfinden. ■

ABB.: J. P. SCHULZE; A. HEDDERGOTT

Europas schnellster Rechner

BEIM GROSSEN Festakt am 20. Juli 2012 drückten Bundesministerin Annette Schavan und Staatsminister Wolfgang Heubisch den Startknopf: SuperMUC, der schnellste Rechner Europas und die Nummer 4 weltweit, ging offiziell in Betrieb. Er steht Forschern aus ganz Europa für numerische Simulationen zur Verfügung und zeichnet sich durch seine hervorragende Energieeffizienz aus. ■

Weitere Informationen: www.lrz.de/services/compute/supermuc/



V. l. n. r.: Akademiepräsident Karl-Heinz Hoffmann, LRZ-Leiter Arndt Bode, Martina Koederitz (IBM Deutschland GmbH), Annette Schavan und Wolfgang Heubisch.

Ergebnisse der Exzellenzinitiative 2012

DAS WALTHER-MEISSNER-INSTITUT der BAdW bleibt exzellent! Dieses Ergebnis der 2. Runde der Exzellenzinitiative, wonach der Exzellenzcluster „Nanosystems Initiative Munich (NIM)“ bis Herbst 2017 erneut gefördert wird, freute WMI-Leiter Rudolf Gross (TU München) besonders: „Das WMI ist von Anbeginn maßgeblich an NIM beteiligt und hat wesentlich zum Erfolg des Clusters beigetragen. Nun können wir für weitere fünf Jahre international konkurrenzfähige Forschung im Bereich der Nanowissenschaften betreiben.“ Andere Akademiemitglieder sind in der 2. Runde des Wettbewerbs erstmals federführend erfolgreich: Martin Hose (LMU München) ist Sprecher der neuen Graduiertenschule „Distant Worlds“ über antike Kulturen. „Mit der Bayerischen Akademie und fünf Museen, mit denen wir kooperieren, ist München ein Zentrum für Altertumswissenschaften“, so Hose. In der Graduiertenschule werden etwa 100 Doktoranden die grundlegenden Prinzipien erforschen, nach denen antike Kulturen funktioniert haben, im Mittelmeerraum und im Vorderen Orient, aber auch in Indien oder China. Martin Schulze Wessel (LMU München) baut gemeinsam mit Kollegen der Universität Regensburg die neue Graduiertenschule „Ost- und Südosteuropastudien“ auf. Benedikt Grothe (LMU München) bleibt Sprecher der Graduiertenschule „Systemische Neurowissenschaften“. ■



Eine Aufgabe für das 21. Jahrhundert: Wie gestalten wir Mobilität in den Metropolen der Welt?

Einführung

Herausforderung Mobilität

Wie wir die Mobilität der Zukunft gestalten, wird angesichts der demographischen Veränderungen und des Klimawandels eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts sein.

VON JOACHIM HAGENAUER

Mobilität in Deutschland

„Mobilität ist zentrale Voraussetzung für wirtschaftliches Wachstum, Beschäftigung und Teilhabe des Einzelnen am gesellschaftlichen Leben“, so formuliert es das Bundesverkehrsministerium auf seinen Internetseiten. Die Entwicklung scheint dabei in den letzten Jahren kaum Grenzen zu kennen, wie etwa das alltägliche Verkehrsverhalten der Deutschen zeigt: 2002 waren an einem durchschnittlichen Tag in Deutschland 88 % der Menschen mobil, sie legten dabei im Alltagsverkehr 272 Mio. Wege zurück. Diese Zahl stieg bis 2008 auf 90 % an, die rund 281 Mio. Wege pro Tag unternahmen. Fast 60 % dieser Strecken legten sie im Pkw zurück, der Anteil des öffentlichen Personennahverkehrs lag 2008 bei 8 %, mit dem Fahrrad waren im Alltag 10 % unterwegs, zu Fuß 23 %. Diese Zahlen ergab die Studie „Mobilität in Deutschland“, die 2002 und 2008 im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums durchgeführt wurde. Der Reise-, Fern- und Güterverkehr sind hier noch gar nicht berücksichtigt.

Jüngste Trends

Die Menschen sind also im Alltag mobiler als je zuvor, dennoch lassen sich im Rückblick auf die vergangenen Jahre mehrere Trends ausmachen: Zwar bleibt der motorisierte Individualverkehr – zumeist in Form des Pkw – weiterhin das Verkehrsmittel erster Wahl, doch legten Fahrrad und Öffentlicher Personennahverkehr seit 2002 leicht zu. Durch die steigende Lebenserwartung nehmen Senioren immer länger und häufiger am Straßenverkehr teil – vor allem im eigenen Pkw –, und hier sind es insbesondere die Frauen, deren Mobilität im Vergleich zu früheren Generationen gestiegen ist. Bei den Jüngeren sank hingegen erstmals 2008 die Führerscheinquote, und gerade im urbanen Raum steigt die Zahl der jüngeren Verkehrsteilnehmer, die mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder dem Fahrrad unterwegs sind.

Themenheft „Akademie Aktuell“

Wie wir die Mobilität der Zukunft gestalten – ob in Deutschland oder mit Blick auf globale Entwicklungen –, wird eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts sein. Studien prognostizieren nach Aussage des Bundesverkehrsministeriums eine weitere Zunahme des Personen- und auch des Güterverkehrs. Zugleich ändert die gewaltige Entwicklung der mobilen Kommunikation – ob Handy, Tablet-computer oder Smartphone – unseren Lebensalltag. So wird es 2013 erstmals mehr Mobilfunkgeräte als Menschen auf unserem Planeten geben. Grund genug, diesem Thema eine eigene

Ausgabe von „Akademie Aktuell“ zu widmen. Der Begriff „Mobilität“ ist dabei ganz bewusst weit gespannt: Neben Beiträgen über innovative Verkehrskonzepte, Elektromobilität oder den modernen Fahrzeugleichtbau finden Sie auch Artikel über das mobile Internet, die 30-jährige Geschichte des digitalen Mobilfunks sowie über aktuelle Erkenntnisse aus der Bionik. Wie man trotz steigenden Lebensalters mobil bleibt, ist ein Thema, das angesichts des demographischen Wandels an Aktualität gewinnt – hierzu lesen Sie einen Beitrag über den menschlichen Gang und seine Veränderungen in Krankheit und Alter. Schließlich sollen auch die Geisteswissenschaften in diesem Heft zu Wort kommen: von der sozialen Mobilität bis zur Vorgeschichte der Eisenbahn in Bayern.

Das vorliegende Themenheft von „Akademie Aktuell“ kam auf Initiative des BAdW Forum Technologie zustande. Die 2003 gegründete Kommission veranstaltet in der Akademie regelmäßig öffentliche Informations- und Diskussionsforen zu aktuellen wissenschaftlich-technischen Fragen und Entwicklungen, etwa zur Nanotechnologie (2010), zur elektrischen Energie (2011) oder zu Vertrauen und Sicherheit im Internet (2012).

Die Kommission ist interdisziplinär zusammengesetzt. Ihre Mitglieder, von denen einige auch an dem vorliegenden Themenheft mitgewirkt haben, kommen derzeit aus der Informatik, Physik, Mathematik, Physiologie, Sozialpsychologie, Strömungsmechanik, Informationsübertragung, Thermodynamik, Chemie, Geodäsie, Flugmechanik, Medizin, Elektrotechnik sowie der Informationstechnik.

DER AUTOR

Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer ist ehem. Ordinarius für Nachrichtentechnik an der TU München, Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und Vorsitzender ihrer Kommission BAdW Forum Technologie.

Symposien des BAdW Forum Technologie

- Mobilfunk: Fakten, Nutzen, Ängste (2004)
- Perspektiven der Energiewirtschaft (2005)
- Medizintechnik – Möglichkeiten und Grenzen (2006)
- Navigation – geleitet wie von einer unsichtbaren Hand (2009)
- Nanowissenschaften und Nanotechnologie (2010)
- Zukunftsperspektiven der elektrischen Energie (2011)
- Vertrauen und Sicherheit im Internet (2012)
- Großtechnik in der Physik (in Vorbereitung für 2013)

Die Symposien finden jedes Jahr im April/Mai statt, die Teilnahme ist kostenlos. Sie sind als Lehrerfortbildungen durch das Bayerische Kultusministerium anerkannt. Über ein Stipendienprogramm nehmen zwischen 100 und 150 Schülerinnen und Schüler von Gymnasien aus ganz Bayern an den Veranstaltungen teil. Ihr Aufenthalt in München ist verbunden mit einer thematisch passenden Halbtagesexkursion.

www.badw.de/forschung/phys/k_36_techforum/

Elektromobilität – ein multifunktionaler Baustein für umweltschonende Mobilität

In Deutschland (elektro-)mobil zu sein, bedeutet mehr, als neue Fahrzeugkonzepte zu entwickeln: Sie müssen darüber hinaus in bestehende und neue Verkehrs- und Energieinfrastrukturen integriert werden. Dies erfordert einen ausgeprägten Systemansatz und gezielte Forschung.

VON ULRICH WAGNER

Energie- und Emissionsentwicklung bis 2050

Mit dem Energiekonzept der Bundesregierung vom September 2010 und dem Gesetzespaket zur Energiewende von 2011 liegt ein langfristiger politischer Fahrplan für den Klimaschutz und den Umbau der Energieversorgung in Deutschland vor (BMU 2010). Dieser Umbau dient der langfristigen Zuverlässigkeit der Energieversorgung und dem Klimaschutz. Zugleich verspricht er auch volkswirtschaftliche Vorteile, da weniger fossile Energieträger importiert werden müssen, deren Preise permanent steigen. Wie lässt sich dieser Fahrplan realisieren? Durch eine flächendeckende Steigerung der Energieeffizienz und einen erheblichen Ausbau der erneuerbaren Energien.

Der Endenergieverbrauch im Verkehr soll bis 2020 um 10 % und bis 2050 um 40 % reduziert werden. In Langfristszenarien des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) konnte gezeigt werden, dass der erforderliche Beitrag des Verkehrs zum übergeordneten Reduktionsziel eine Minderung der CO₂-Emissionen um mindestens 70 % gegenüber heute bedeutet (s. Nitsch et al. 2012 im Literaturverzeichnis auf S. 11). Die heutige Mobilität basiert fast vollständig auf importierten fossilen Kraftstoffen, für nachhaltig erzeugte biogene Kraftstoffe besteht nur ein vergleichsweise geringes Potential. Langfristig umweltschonende Mobilität kann daher nur über einen fundamentalen Strukturwandel mit entsprechend neuen Antriebstechnologien und einer veränderten Versorgungsinfrastruktur

erreicht werden. Dies gilt auch für die europäische Ebene: Im Europäischen Weißbuch Verkehr (Europäische Kommission 2011) wird unter anderem als Ziel formuliert, die Zahl konventioneller Pkws in Städten bis 2030 zu halbieren und diese Fahrzeuge bis 2050 vollständig zu ersetzen.

Die Elektromobilität – längst schon Standard im Schienenverkehr – wird zunehmend auch im Straßenverkehr und vor allem für den Individualverkehr eine Schlüsselrolle spielen: Hier kann erneuerbarer Strom auf sehr effiziente Weise fossile Kraftstoffe substituieren. „Elektromobilität“ steht dabei nicht nur für neue Antriebstechniken mit Elektromotoren, Batterien und Brennstoffzellen, sondern ist als Gesamtmobilitätskonzept anzusetzen. Insbesondere zählen hierzu die energiewirtschaftliche und die verkehrstechnische Integration, z. B. die Versorgung mit erneuerbarem Strom sowie die Bereitstellung entsprechender Infrastruktur und Dienste (Batteriemanagement, Parkraummanagement, Reise- und Fahrerassistenz etc.).

Neben diesen technischen und strukturellen Möglichkeiten ist auch zu erwarten, dass sich das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung ändert und alternative Fortbewegungsmöglichkeiten entstehen. Alle diese Parameter müssen in das derzeit erarbeitete, langfristige Kraftstoff- und Mobilitätskonzept der Bundesregierung eingehen.





die einen Führerschein besitzen. Dadurch erhöht sich der Anteil der Pkw-Fahrer/innen am gesamten Transportaufkommen.

Was die Gruppe der jungen Erwachsenen angeht, zeichnet sich ein Trend zu einer längeren Ausbildungsphase ab, einer auch dadurch bedingten späteren Familiengründung und somit einer veränderten Verkehrsmittelnutzung: Der Pkw-Besitz ist nämlich in erster Linie an den Familienstand und weniger bedeutend an Alter und Einkommensklasse gekoppelt. Grundsätzlich lässt sich schlussfolgern, dass das Auto weiterhin das wichtigste Verkehrsmittel bleibt, allerdings nimmt der Gebrauch ab, und der öffentliche Verkehr sowie die Fahrradnutzung nehmen leicht zu.



Die oben formulierten Verkehrsziele lassen sich bei steigendem Mobilitätsbedarf und weiterhin steigender Nutzung des (eigenen) Pkws nur mit umweltfreundlichen Technologien wie z. B. dem Elektroauto als Bestandteil eines Gesamtmobilitätskonzeptes realisieren.

Abb. 1: DLR-Spant-Space-Frame-Bauweise (links) und Konzeptidee des Adaptierbaren Vorderwagens (rechts).

Das Elektroauto und seine Komponenten

Die elektrische Antriebstechnik in Straßenfahrzeugen hat mit den heute permanent erregten Synchronmaschinen einen hohen Stand der Technik erreicht, was Fahrdynamik, Lebensdauer und Wirkungs-

grad angeht. Dagegen besteht noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei Batterien und Brennstoffzellen. Stand der Technik sind Lithium-Ionen-Batterien mit Energiedichten bis 60 Wh/kg. Bei üblicher Auslegung der Batterien reicht dies für etwas mehr als 100 km Aktionsradius aus. Brennstoffzellen erreichen heute bei hochdynamischem Fahrbetrieb Wirkungsgrade von kaum mehr als 30 %, mittelfristige Zielgrößen liegen mindestens 10 %-Punkte höher. Der Aktionsradius wird dort durch die Größe des Wasserstofftanks (Druck- oder Flüssigspeicher) bestimmt, in beiden Fällen besteht u. a. Bedarf zur Kostensenkung und internationalen Standardisierung.

Die Entwicklung von Assistenzsystemen und -funktionen ist für Elektrofahrzeuge besonders bedeutsam und stellt nicht nur ein „Add-on“ dar, weil sie die Logistik der Elektromobilität generell vereinfachen und den Reisekomfort erhöhen können. Dazu zählen z. B. intelligente Navigationssysteme, die sowohl die aktuelle Verkehrssituation, die topologischen und verkehrlichen Charakteristika einer Route und die Nutzerpräferenzen, aber

Verkehrsnachfrage und Mobilität

Mobilitätstrends sind eng mit gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklungen verbunden. Bereits heute steigt die Mobilität weltweit drastisch an, ein weiterer Anstieg ist zu erwarten. Allein in Europa ist, bezogen auf 1990, nahezu mit einer Verdopplung des Passagierverkehrs bis 2030 und des Gütertransports bereits bis 2020 zu rechnen. Dabei spielen auch die regional unterschiedlichen demografischen Strukturen eine wichtige Rolle. So zeigen Untersuchungen für Deutschland, dass sich künftig insbesondere die Nachfrage der älteren Generation nach geeigneten Verkehrsmitteln bemerkbar machen wird. Die Herausforderung dabei ist es, die gesellschaftliche Teilhabe dieser Personengruppe und die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmer/innen zu gewährleisten. Weitere Trends sind ferner die „Überalterung“ insbesondere im ländlichen Raum und die steigende Quote älterer Frauen,

DER AUTOR

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Wagner wurde 1995 auf den Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der TU München berufen. Seit 2010 ist er Vorstandsmitglied für Energie und Verkehr am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln und in dieser Funktion mitverantwortlich für das Großprojekt DESERTEC in Nordafrika. Er forscht v. a. zu den technisch-wirtschaftlichen Grundlagen der Energieversorgung, besonders der elektrischen Energieversorgung durch Batterien und Solartechnik und ist Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften sowie ihrer Kommission BADW Forum Technologie.

Abb. 2: Das DLR erforscht mit dem Robomobil Radnabennmotoren als viel versprechende Lösung für den Antrieb zukünftiger Elektrofahrzeuge.

natürlich auch „points-of-interest“ – in diesem Falle Ladestationen – und den Ladezustand des Fahrzeugs einbeziehen. Außerdem kann durch die Automatisierung von Teilaspekten, z. B. automatisiertem Parken und Laden, der Ladevorgang vereinfacht werden.

Der Fahrzeugleichtbau spielt für Elektrofahrzeuge eine entscheidende Rolle, da hier großes Potential zur Energieeinsparung vorhanden ist. Durch so genanntes Multi-Material-Design (MMD), bei dem materialspezifische Eigenschaften optimal genutzt werden, können die Fahrzeugmasse verringert und der Energieverbrauch reduziert werden. Beispiele hierfür sind die „Spant-Space-Frame“-Bauweise oder die „Adaptierbare Vorderwagenstruktur“ (Abb. 1).

Neben der Massereduktion ist die Sicherheit ein wichtiger Aspekt bei der Umsetzung neuer Konzepte. Um die Fahrzeuginsassen, aber auch die sensiblen elektrischen Komponenten zu schützen, werden technologische Ansätze wie z. B. das „Hybride Träger“- oder „B-Säulen-Spant“-Konzept verfolgt und Bauteile, Bauteilverbände und Baugruppen in dynamischen Belastungsfällen geprüft.

Die Reichweite elektrischer Fahrzeuge hängt auch vom Verbrauch komfortsteigernder Komponenten wie beispielsweise der Klimaanlage ab. Die benötigte elektrische Heiz- und Kühlleistung kann gesenkt werden, indem man funktionsintegrierte Sandwichwerkstoffe mit Isolationswirkung einsetzt. Multifunktionale Sandwichbauteile besitzen darüber hinaus strukturell relevante Eigenschaften, so dass ein doppelter Nutzen (Reichweiterehöhung direkt und indirekt) entstehen kann.

Ein interessantes Beispiel für ein neues Purpose Design-Elektromobilitätskonzept ist das ROboMObil (der Name leitet sich ab aus der planetaren Rovertechnik und der Robotik). Es basiert auf dem so genannten Radroboter-Konzept: Antrieb, Lenkung, Dämpfung und Bremse sind in jedes der vier Räder integriert. Eine intelligente Zentralsteuerung (Chassis-Control) steuert über ein inverses Dynamikmodell die insgesamt zehn Aktuatoren (je vier Antriebe mit Rekupe-rationsbremse und radindividuellen Lenkungen inklusive zwei elektromechanischen Sicherheitsfeststellbremsen) so an, dass die gewünschte Bewegung des Fahrzeugs unter allen Umgebungsbedingungen garantiert wird. Das Elektromobil

mit einer Reichweite von ca. 100 km verfügt zudem über ein äußerst flexibles Modul-Konzept. So lassen sich schnell – z. B. durch Austausch des Chassis-Moduls – unterschiedlichste Fahrzeuge konzipieren. Der konsequente Einsatz leichter Carbonfaserverstärkter Kunststoffstrukturen (CFK) verschafft dem ROboMObil energetische Vorteile im Vergleich zu konventionellen Stahlkarosserien.

Da jedes Rad einzeln gesteuert wird, kann das ROboMObil im „Krabbengang“ schräg bis seitwärts fahren sowie auf der Stelle drehen (Abb. 2). Dadurch weist es eine maximale Mobilität und Manövrierbarkeit im Großstadtbereich auf. Als Einsatzbereiche des Autos sind wegen der großen Autonomie und Beweglichkeit z. B. Mega-Cities



mit flexiblen Carsharing-Autos, Logistik-Bereiche in großen Hallen oder Sicherheits- und Überwachungsaufgaben besonders viel versprechend.

Verkehrstechnische Integration

Zur energiewirtschaftlichen Integration der Elektromobilität gibt es bereits eine Vielzahl von Untersuchungen und Szenarien. Noch nicht systematisch analysiert wurde dagegen deren verkehrstechnische Integration, ausgehend von langfristigen Prognosen des Verkehrsbedarfs. Hier ist ein Betrachtungszeitraum bis mindestens 2050 erforderlich, weil die Konzeption, Entwicklung und Nutzung neuer Verkehrsträger mit Zeitkonstanten mehrerer Jahrzehnte einhergeht. Die systemische Einbindung von Elektromobilität in bestehende Verkehrsinfrastrukturen erfordert intermodale Verkehrskonzepte, die die individu-



Fazit

Die Bedeutung des motorisierten Individualverkehrs sowie die Zunahme des öffentlichen Personennahverkehrs zeigen, dass die Verknüpfung der Verkehrsträger zu einer Intermodalen Mobilität immer wichtiger wird. Die politischen Vorgaben zur Emissionsminderung sind zudem nur zu erreichen, wenn die Elektromobilität schnell eingeführt wird. Hierfür bedarf es verstärkter Forschung zur Verbesserung der Technik und Fahrzeugkomponenten, der Entwicklung spezialisierter Assistenz zur Steigerung der Nutzerakzeptanz

sowie deutliche Weiterentwicklungen zur Integration in das Energie- und Verkehrssystem. Das Thema Elektromobilität erfordert eine systemische Betrachtung, da hier die Energie- und Verkehrssysteme räumlich und zeitlich besonders eng gekoppelt sind. Eine interdisziplinäre Zusammensetzung von Forscherteams ist wichtig, um das komplexe Thema aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu beleuchten und Lösungen aus einem Guss zu entwickeln. ■

elle Entscheidung des Einzelnen unterstützen, z. B. durch attraktive Angebote für eine intelligente Reiseassistenz. Die monomodale, also auf ein Transportmittel beschränkte Fortbewegung, wird dadurch aufgebrochen; statt dessen nutzt der Verkehrsteilnehmer auf seiner Fahrt die jeweils passenden Möglichkeiten, die in einer elektromobilitätsspezifischen Lösung zusammengeführt werden.

Neue Geschäftsmodelle wie Carsharing und Bikesharing erobern momentan deutsche und europäische Städte. Die Zuwachsraten beim Carsharing lagen in den letzten Jahren in Deutschland bei rund 20 % pro Jahr, neue Flex-Angebote wie Car2Go oder BMW Drive Now nicht inbegriffen. Die Nachfrage nach diesen Mobilitätsangeboten ist enorm und zeigt Alternativen zum Pkw-Besitz sowie von Pkw-Wegen in Stadt und Stadtumland auf. In naher Zukunft werden Carsharing-Fahrzeuge, die heute zumeist mit klassischen Verbrennungsmotoren betrieben werden, durch lokal emissionsfreie Elektrofahrzeuge ersetzt und durch IKT-Lösungen zu einem integrierten Bestandteil des öffentlichen Verkehrs werden. Es gibt hierzu bereits viele nationale und europäische Einzelprojekte. Sie werden ergänzt durch ein 2010 gestartetes Modellvorhaben des DLR, das solche IKT-Lösungen real erprobt: die Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM). Die Stadt Braunschweig stellt dabei eine Plattform für anwendungsorientierte Wissenschaft, Forschung und Entwicklung im Bereich Intelligenter Mobilitätsdienste dar. Das reale Verkehrsumfeld der Stadt kann mittels Sensoren analysieren. Großräumige und mikroskopische Aspekte von Verkehr und Mobilität lassen sich simulieren, Kommunikationskomponenten zur Beeinflussung des Verkehrsablaufs an Teststrecken erproben (Abb. 3).



Abb. 3: Links: Reiseassistenz durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien.

Rechts: Nutzung der Stadt Braunschweig als Anwendungsplattform für Intelligente Mobilität (AIM).

Literatur

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Das Energiekonzept der Bundesregierung 2010 und die Energiewende 2011, Broschüre 2010

J. Nitsch, T. Pregger et al., Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, Schlussbericht 2012

Europäische Kommission, Weißbuch. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem, Brüssel 2011

B. Lenz, C. Nobis et al., Mobilität in Deutschland 2008. DLR-Forschungsbericht, Projektbericht 2010

Institut für Mobilitätsforschung (ifmo), Mobilität junger Menschen im Wandel – multimodaler und weiblicher, München 2011

S. Trommer, B. Lenz, WohnMobilE. Beitrag auf der Konferenz: VISION – Elektromobile Stadt der Zukunft, Berlin 2011

Leichtbau ist schwer

Neue Materialien können helfen, Fahrzeuge leichter zu machen. Dadurch sinken im Betrieb sowohl Treibstoffverbrauch als auch Emissionen. Neue Materialien sind jedoch in der Herstellung teurer und umweltbelastender als bisher gängige Werkstoffe. Um diesen Widerspruch zu lösen, wird an neuen Herstellungsverfahren gearbeitet, die Kosten und Emissionen reduzieren.

VON ROBERT F. SINGER

Warum Leichtbau?

Leichtbau nennt man eine Konstruktionsphilosophie, die darauf abzielt, das Gewicht zu reduzieren. Früher sprach man vom „Kampf gegen die tote Last“. Leichtbau ist überall wichtig, wo große Massen schnell bewegt werden. Ein besonders prägnantes Beispiel liefert der Bau von Kraftfahrzeugen. Geringes Gewicht bedeutet weniger Treibstoffverbrauch und Emissionen. Im Grunde sind die Zusammenhänge kompliziert und von vielen Faktoren abhängig, aber als einfache Faustformel gilt:

Gewichtsreduktion von 100 kg → Minderverbrauch Treibstoff 0,25 l/100 km → Minderung Emission CO₂ 8,5 g/km.

In den letzten 30 Jahren sind die Fahrzeuge beständig schwerer geworden und nicht leichter. Ein VW Golf wog bei der Modelleinführung 1975 lediglich 750 kg, heute sind es mehr als 1.200 kg. Der Grund für die Gewichtszunahme liegt vor allem bei der verbesserten Karosserie, die auf Grund höherer Steifigkeit und Festigkeit bei Unfällen die Passagiere wirksamer schützt und sich beim Fahren weniger stark verwindet. Auch Mehrausstattungen, die dem Komfort dienen, erhöhen das Gewicht.

Gewichtsreduktion durch neue Werkstoffe

Es gibt unterschiedliche Ansätze, um das Gewicht der Karosserie zu reduzieren. Einer der wirksamsten ist die Verwendung neuer Materialien, die größere Steifigkeit und Festigkeit oder niedrigeres spezifisches Gewicht aufweisen.

Eine typische selbsttragende Automobilkarosserie in Großserienfahrzeugen besteht heute vorwiegend aus Stahlblech. Insbesondere vorn und oben am Fahrzeug, wo Gewichtsreduktion wegen des von Haus aus schweren Antriebs und der Bedeutung der Lage des Schwerpunkts besonders wichtig ist, kommen auch Aluminiumbauteile zum Einsatz (Abb. 1).

Beim stofflichen Leichtbau gibt es vor allem drei Möglichkeiten (Abb. 2):

- Aluminiumlegierungen. Trotz beeindruckender Fortschritte im Bereich der höherfesten Stähle während der letzten Jahre können mit Aluminium immer noch etwas höhere spezifische Steifigkeiten und Festigkeiten erreicht werden, die sich in Gewichtseinsparungen umsetzen lassen. Im günstigsten Fall kann das Bauteilgewicht entsprechend dem spezifischen Gewicht auf ein Drittel reduziert werden.
- Magnesiumlegierungen. Das spezifische Gewicht von Magnesium ist nochmals ein Drittel niedriger als das von Aluminium. Außerdem können bei Magnesium im Druckguss, einem bevorzugten Verarbeitungsverfahren, geringere Wandstärken erreicht werden, was zusätzlich dazu beiträgt, Gewicht zu reduzieren. Im optimalen Fall sinkt das Bauteilgewicht im Vergleich zu Aluminium auf die Hälfte.
- CFK (Carbonfaserverstärkter Kunststoff). Mit Polymeren, die mit Kohlenstofffasern verstärkt sind, lassen sich auf Grund überragender Steifigkeiten und Festigkeiten besonders hohe Gewichtseinsparungen erzielen. Im optimalen Fall sinkt das Bauteilgewicht im Vergleich zu Aluminium auf ein Drittel.

Karosseriematerialien
Materials in the body structure
02/11

Aluminiumblech
Sheet aluminium
Aluminiumguss
Cast aluminium
Aluminiumprofil
Aluminium sections
Stahl warmumgeformt
Hot-formed steel
Stahl kaltumgeformt
Cold-formed steel



DER AUTOR

Prof. Dr. Robert F. Singer hat den Lehrstuhl für Werkstoffkunde und Technologie der Metalle der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) inne. Er ist außerdem Sprecher der Kollegialen Leitung des Zentralinstituts für Neue Materialien und Prozesstechnik der FAU und Geschäftsführer der Neue Materialien Fürth GmbH (NMF). 2005 wählte ihn die Bayerische Akademie der Wissenschaften zu ihrem Mitglied.



Wo liegen die Herausforderungen?

Obwohl uns im Prinzip hervorragende neue Werkstoffe zur Verfügung stehen, sind vor einem vermehrten Einsatz umfangreiche Forschungsanstrengungen nötig. Dies hängt mit den zahlreichen Schwierigkeiten zusammen, die es zu überwinden gilt. Eines der größten Probleme besteht in den Kosten bei der Herstellung. Die Kosten von Komponenten sind sehr stark von der Geometrie und den jeweiligen Anforderungen abhängig, aber es lässt sich in grober Näherung folgendes Schema angeben:
 Stahl 1 €/kg → Aluminium 5 €/kg → Magnesium 20 €/kg → CFK 50 €/kg

Gewisse Mehrausgaben sind wegen der Treibstoffeinsparung zulässig. Aus der Faustformel zur Treibstoffreduktion, die oben angegeben wurde, errechnet man zulässige Mehrkosten von ca. 3,75 €/kg. Will man die entstehenden zusätzlichen Kosten mit den zulässigen Kosten vergleichen, muss man die Gewichtsreduktion pro Bauteilvolumen berechnen, die nicht nur vom spezifischen Gewicht, sondern auch von den jeweils geforderten Wandstärken abhängt. Das Ergebnis ist, dass sich unter rein wirtschaftlicher Betrachtung der stoffliche Leichtbau nicht lohnt. In der Reihung Aluminium → Magnesium → CFK klaffen zusätzliche und zulässige Kosten sogar immer weiter auseinander. Es braucht weitere Argumente wie bessere Fahreigenschaften durch

günstigere Gewichtsverteilung und Schonung der Umwelt im Betrieb, um den Einsatz eines anderen Werkstoffs als Stahl zu rechtfertigen.

Möglicherweise erhöhen sich die zulässigen Mehrkosten in der Zukunft im Zusammenhang mit der Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Batterien sind groß, schwer und teuer. Ein leichteres Fahrzeug kommt daher mit einer kleineren Batterie aus. Wohin dies mittelfristig führen wird, weiß man nicht, aber vielleicht auf Werte für die zulässigen Kosten um 15 €/kg. Gemessen an den zu erwartenden Mehrkosten durch den Einsatz extrem leichter Werkstoffe wie CFK und Magnesium ist dies aber immer noch wenig.

Eine andere Schwierigkeit beim Einsatz der neuen leichten Werkstofflösungen besteht in der Umweltbelastung bei der Herstellung. Alle Werkstoffe benötigen bei der Herstellung und Verarbeitung große Mengen an Energie und führen zu erheblichen Emissionen. Üblicherweise liegen etwa 30 % der Gesamtbilanz einer Volkswirtschaft in diesem Bereich. Die Reihung der Werkstoffe in Bezug auf die umweltfreundliche Herstellung ist der Reihung in Bezug auf das Leichtbaupotential genau entgegengesetzt (Abb. 2). Dies hängt ganz wesentlich damit zusammen, dass für CFK kein den metallischen Werkstoffen vergleichbares Recycling möglich ist. Bei Magnesium ist Recycling zwar grundsätzlich möglich, heute aber noch nicht vergleichbar am Markt entwickelt.

Eine dritte Problematik liegt bei den tatsächlich erreichbaren Gewichtsreduktionen. Sie bleiben deutlich hinter den optimalen Werten zurück, die oben angegeben wurden. Dies hängt mit einer Vielzahl von Faktoren zusammen. Bei Magnesium stellt sich heraus, dass bestimmte Legierungsgruppen mit guten Festigkeiten nicht verwendet werden können, da sie sich schlecht verarbeiten lassen. Bei CFK sind mehrachsige

Abb. 1: Selbsttragende Karosserie (Monocoque) aus Stahl- und Aluminiumkomponenten, wie sie heute bei Großserienfahrzeugen üblich ist. Weil eine gleichmäßige Gewichtsverteilung und ein niedriger Schwerpunkt angestrebt werden, setzt man das leichtere Aluminium vor allem im Bereich des Motors und am Dach ein.

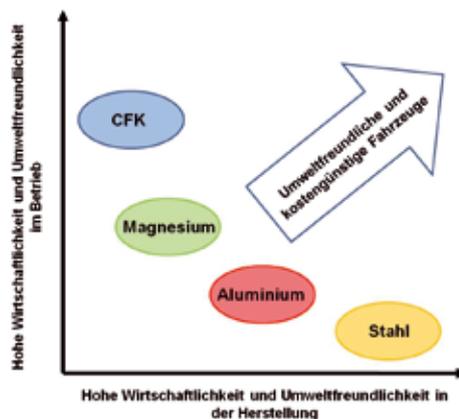


Abb. 2: Das Leichtbaupotential der Werkstoffe steigt in der Reihenfolge Stahl → Aluminium → Magnesium → CFK (mit Kohlenstoff-Endlosfasern verstärkter Kunststoff). Dem höheren Leichtbaupotential stehen aber höhere Kosten, höherer Energiebedarf und höhere Emissionen bei der Herstellung entgegen.

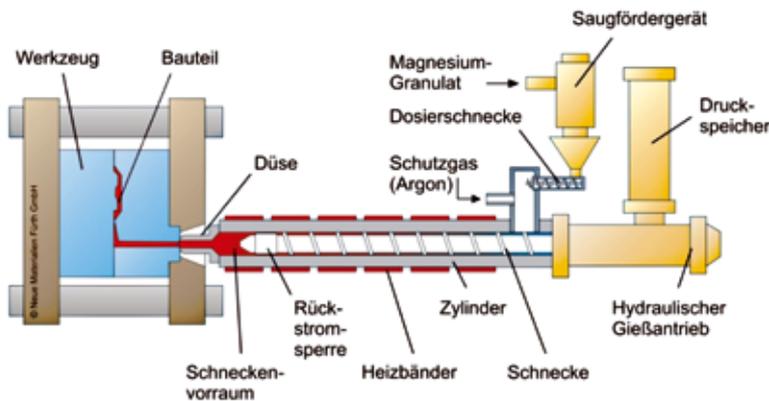


Abb. 3: Herstellung von Magnesium-Bauteilen durch Spritzgießen: Das Verfahren ist umweltfreundlich, lässt geringe Wandstärken bei Bauteilen zu und verbessert die Verformbarkeit unter Belastung, die so genannte Duktilität.

Belastungen ungünstig, da dann nur noch wenige Fasern in Belastungsrichtung zeigen und die Festigkeiten drastisch sinken. Metallische Inserts, mit denen man dieses Problem üblicherweise löst, vergrößern wiederum das Gewicht und werfen neue Fragen auf, beispielsweise zur Korrosion.

Wie geht es weiter?

Abb. 4: Herstellung von thermoplastischen CFK-Bauteilen durch Spritzpressen: Das Verfahren ist wirtschaftlich und umweltfreundlich.

In der Forschung wird heute intensiv an der Lösung dieser Fragen gearbeitet. Dabei kommt es schrittweise zu Verbesserungen, die sich heute auch schon im zunehmenden Einsatz von Aluminium, Magnesium und CFK niederschlagen. Im Folgenden wollen wir über zwei Vorhaben berichten, die bei der NMF GmbH in Fürth durchgeführt werden, einer Landesforschungseinrichtung des Freistaats Bayern.

Beim Spritzgießen von Magnesium (Abb. 3) werden Metallbauteile mit einer Prozesstechnik hergestellt, die heute nur bei Kunststoffen bekannt ist (s. Lohmüller et al. 2005 im Literaturverzeichnis). Im Mittelpunkt steht eine Förderschnecke, die Magnesium-Granulat einzieht, transportiert,

erwärmt und durchknetet. Vor der Schnecken-spitze sammelt sich flüssiges Magnesium. Zum „Schuss“, d. h. zur Füllung der Werkzeugkavität mit Schmelze, bleibt die Schnecke stehen und bewegt sich kolbenartig mit 2 bis 5 m/s nach vorn. Das flüssige Metall wird in den Hohlraum der Form eingespritzt und erstarrt dort. Nach kurzer Wartezeit kann das fertige Bauteil entnommen werden. Das Spritzgießen hat im Vergleich zum Druckguss, dem heute allgemein eingeführten Verfahren, zahlreiche Vorteile: Insbesondere wird der Energieverbrauch deutlich reduziert, weil ein großer Warmhalteofen für Schmelze vermieden wird. Durch die komplette Kapselung des Prozesses kann auf Schutzgase verzichtet



werden, welche die Umwelt schädigen. Da man die Prozessparameter sehr gut kontrollieren kann, erreicht man geringere Wandstärken und eine bessere Verformbarkeit unter Belastung (Duktilität).

Das Spritzpressen von CFK (Abb. 4) geht von Organoblechen aus, d. h. flächigen faserverstärkten Halbzeugen mit thermoplastischer Matrix (s. Hoffmann et al. 2011). Beim Schließen der Presswerkzeuge kommt es zur Umformung der Organobleche. Über seitlich angeordnete Einspritzeinheiten können in der gleichen Aufspannung Anbindungs- oder Versteifungselemente gefertigt werden. Mit der jüngsten Weiterentwicklung der Technik, die als FIT-Hybrid bezeichnet wird und den „JEC Innovation Award“ erhielt, gelingt es auch, rohrförmige Hohlstrukturen zu erzeugen. Der Vorteil im Vergleich zu klassischen Verfahren, etwa der Prepreg-Technologie oder dem Resin-Transfer-Moulding, besteht in den verkürzten Zykluszeiten und der verbesserten Wirtschaftlichkeit.

Literatur

A. Lohmüller, M. Scharrer, M. Hilbinger, R. Jennings, M. Hartmann, R. F. Singer: Thixotropgießen von Magnesiumlegierungen. In: Gießereiforschung 57, 1 (2005), S. 2–9

L. Hoffmann, M. Renn, D. Drummer, T. Müller: Hochbelastbare Faserverbundbauteile großserientauglich hergestellt. In: lightweightdesign 4, 2 (2011), S. 38–43

Bionik

Unbegrenzte Mobilität ohne Energieaufwand: der dynamische Segelflug der Albatrosse

Albatrosse fliegen Tausende von Kilometern ohne Energieaufwand. Wie dies möglich ist, haben Wissenschaftler mit Berechnungen und bei Feldversuchen im südindischen Ozean gezeigt.

VON GOTTFRIED SACHS

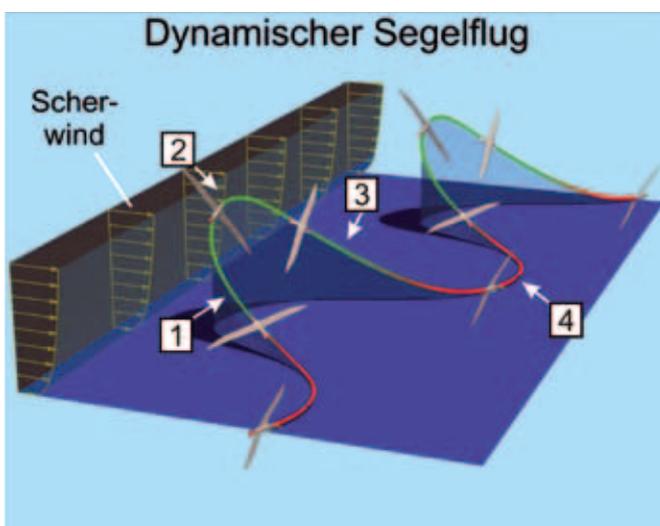
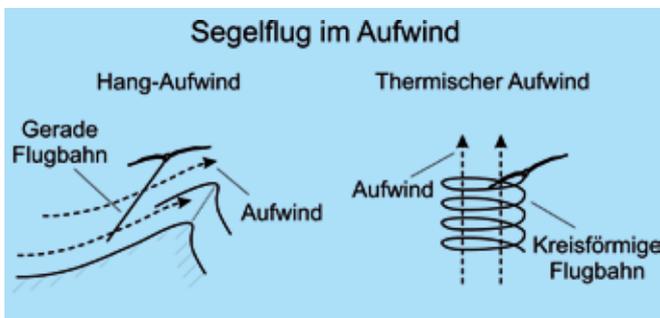
DER FLUG DER VÖGEL hat die Menschen seit jeher fasziniert. Dies gilt in besondere Weise für den dynamischen Segelflug der Albatrosse, der ihnen unbegrenzte Mobilität ohne Energieaufwand ermöglicht. Der dynamische Segelflug erlaubt es dem Vogel, Energie aus dem horizontalen Wind über dem Meer zu entnehmen und somit die Verluste infolge des aerodynamischen Widerstandes auszugleichen. Untersuchungen über die großräumigen Flugbewegungen der

Albatrosse haben gezeigt, dass diese Seevögel Flugstrecken von bis zu 15.200 km zurücklegen oder die Welt in 46 Tagen umrunden.

Was ist das Geheimnis des Albatros-Fluges und was sind die physikalischen Zusammenhänge, die diese enormen Flugleistungen ermöglichen? Diese Fragen, die seit längerer Zeit Gegenstand der ornithologischen Forschung sind, wurden in zahlreichen theoretischen und experimentellen

Untersuchungen behandelt – mit dem Ergebnis, dass es eine Reihe unterschiedlicher und kontroverser Theorien und Erklärungen gibt. Klarheit über den dynamischen Segelflug kann mit experimentellen Daten über die kleinräumigen Flugmanöver der Albatrosse erzielt werden, aus denen diese Form des Segelfluges besteht.

Abb. 1: Segelflugformen für einen Energiegewinn im Aufwind und im Horizontalwind.



Prinzip des dynamischen Segelfluges

Der dynamische Segelflug besteht aus einem sich wiederholenden, hochgradig instationären Flugmanöver, bei dem der Vogel Kurvenflüge in Kombination mit Steig- und Sinkflügen unter großen Änderungen in der Fluggeschwindigkeit ausführt. Die Gegenüberstellung mit dem vergleichsweise einfachen Flug in einem Aufwind, den Vögel ebenfalls zum Energiegewinn aus der Bewegung der Luft nutzen, macht die Komplexität des dynamischen Segelfluges deutlich. Wie

Abb. 2: GPS-Empfänger, Gehäuse und Albatros mit Messgerät.

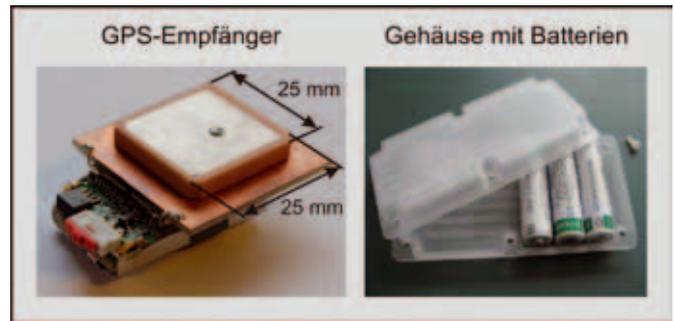
Abb. 1 oben zeigt, erfolgt der Flug in einem Aufwind als Geradeaus- oder Kurvenflug. Der Geradeausflug wird bei Hang- oder Wellenaufwind und der Kurvenflug in Aufwindgebieten mit Thermik praktiziert. Aus der Abbildung ist unmittelbar ersichtlich, dass man den Energietransfer so deuten kann, als ob die aufwärts strömende Luft den Vogel mit nach oben hebt.

Ein derart direkter Energietransfer ist bei einem Flug in einem Horizontalwind jedoch nicht möglich. Hier ist vielmehr ein dynamisches Flugmanöver erforderlich, um einen Energiegewinn zu erzielen. Außerdem kann in einem Horizontalwindgebiet nicht fortwährend Energie zugeführt werden, sondern es wechseln sich Phasen mit positivem und negativem Energietransfer ab. Die grundsätzlichen Zusammenhänge des dynamischen Segelfluges lassen sich anhand der Abbildung 1 (unten) erläutern, wobei der Vogel im Vergleich zur Flugbahn größer wiedergegeben ist. Danach besteht der dynamische Segelflug aus einer Flugbewegung mit sich wiederholenden Zyklen, von denen hier zwei dargestellt sind. Ein einzelner Zyklus lässt sich wiederum in vier charakteristische Phasen unterteilen:

1. Steigflug (Flug gegen den Wind)
2. Obere Kurve (Ziel: Flug mit dem Wind)
3. Sinkflug (Flug mit dem Wind)
4. Untere Kurve (Ziel: Flug gegen den Wind)

Weiter ist in Abbildung 1 das als Scherwind bezeichnete Windprofil in der Höhenschicht über dem Meer gezeigt. Danach ist die Windgeschwindigkeit unmittelbar über der Meeresoberfläche sehr klein und nimmt mit der Höhe stark zu.

Die Energiegewinnung beim dynamischen Segelflug lässt sich nun als ein Zusammenspiel zwischen Flugbahnverlauf und Windprofil deuten. Durch den Steigflug 1 (Abb. 1) erreicht der Vogel ein Gebiet großer Windgeschwindigkeit am oberen Ende der Höhenschicht. Hier führt er durch den Kurvenflug 2 eine Richtungsumkehr von einer Bewegung gegen den Wind in eine solche mit dem Wind aus. Dadurch wird der Vogel vom Wind beschleunigt, also quasi vom Wind mitgenommen.



Diese Mitnahme ist gleichbedeutend mit einem Gewinn an kinetischer Energie (grüner Bahnteil in Abb. 1). Der anschließende Sinkflug 3 dient dazu, den gegensinnigen Kurvenflug in einer niedrigen Höhe mit möglichst geringer Windgeschwindigkeit ausführen zu können. Aufgrund der geringen Windgeschwindigkeit können die Verluste in der unteren Kurve 4 (roter Bahnteil in Abb. 1) möglichst klein gehalten werden.

Der dynamische Segelflug war Gegenstand von theoretischen Untersuchungen am Lehrstuhl für Flugmechanik und Flugregelung der TU München. Die hierbei mittels leistungsfähiger Optimierungsmethoden gewonnenen Erkenntnisse führten zu dem geschilderten Ergebnis über das Prinzip des dynamischen Segelfluges. Dieses Prinzip konnte mit Versuchen an frei fliegenden Albatrossen experimentell bestätigt werden, über die im Folgenden berichtet wird.

Hochgenaue Bahnbestimmung

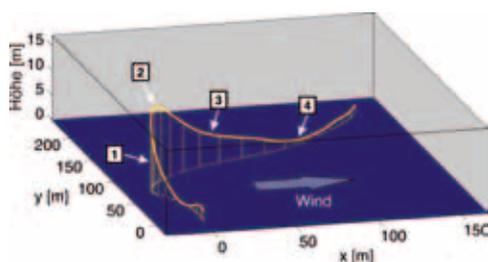
Die experimentelle Bestimmung des dynamischen Segelfluges von Albatrossen setzt eine genaue Bahnmessung voraus. Hierfür sind sowohl eine hohe Präzision in der Positionsbestimmung als auch eine große Aufzeichnungsrate erforderlich. Da die Messungen direkt am frei fliegenden Vogel erfolgten, war ein miniaturisiertes Messgerät notwendig, das in Größe, Gewicht und Robustheit (Salzwasser) für diesen Zweck geeignet war.

DER AUTOR

Prof. Dr.-Ing. Gottfried Sachs ist ehem. Ordinarius für Flugmechanik und Flugregelung an der TU München. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen u. a. Flugleistungen und Flugeigenschaften sowie Flugregelung und Flugführung von Luftfahrzeugen, ferner den Hyperschallflug und Raumtransportsysteme sowie die Flugbahnoptimierung zur Leistungssteigerung und Treibstoff einsparung. Er ist Vizepräsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Das Ziel der hochgenauen Flugbahnbestimmung erforderte ein neues Verfahren zur Positionsbestimmung aus GPS-Daten. Hierfür wurde eine Methode entwickelt, die kinematische L1-Trägerphasen-Messungen verwendet. Damit ist es möglich, die mittels Ein-Frequenz-Empfängern erzielbare relative Genauigkeit vom Meter- in den niedrigen Dezimeterbereich zu verbessern. Dies wird durch die Nachbearbeitung der GPS-Rohdaten in einem auf Zeitdifferenzen beruhenden Verfahren erreicht.

Kernstück des miniaturisierten Messgeräts ist ein GPS-Empfänger, der eine hinreichend hohe Aufzeichnungsrates von 10 Hertz aufweist. Dieser GPS-Empfänger mit zugehöriger Patchantenne und Bodenplatte wiegt 18,4 g (Abb. 2). Über eine Speicherkarte steht eine Kapazität von 2 GB für die Aufzeichnung der Messdaten zur Verfügung, die Stromversorgung erfolgt mit bis zu drei Batterien. Das vollständige Messgerät ist in einem wasserdichten Gehäuse untergebracht, das in Abbildung 2 mit Batterien dargestellt ist. In seiner



schwersten Version wiegt das Gerät 103 g, wobei die Batterien den Hauptteil ausmachen.

Das Messgerät wurde am Rücken des Vogels angebracht (Abb. 2). Sowohl sein Gewicht – weniger als 1,5 % des Vogelgewichtes – als auch die Art seiner Anbringung genügen ornithologischen Vorgaben, wie sie für derartige Zwecke üblich sind.

Feldversuche im südindischen Ozean

Die Feldversuche fanden während eines dreimonatigen Forschungsaufenthaltes auf dem Kerguelen-Archipel im südindischen Ozean statt. Insgesamt wurden an 20 Albatrossen Messgeräte angebracht, von denen 16 nutzbare Daten aus Flugmessungen lieferten. Die experimentellen Forschungsarbeiten erfolgten in Kooperation mit dem Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive des französischen Nationalen Zentrums für wissenschaftliche Forschung CNRS und wurden vom Institut Polaire Français Paul Emile Victor unterstützt.

Ein Ergebnis der Flugbahnmessungen ist in Abbildung 3 dargestellt, die den längsten aller aufgezeichneten Flüge wiedergibt und damit eindrucksvoll das enorme Flugleistungsvermögen der Albatrosse bestätigt. Die Länge der Flugstrecke beträgt 4.850 km, die der Vogel in sechs Tagen zurücklegte. Danach konnte die Datenaufzeichnung nicht mehr fortgeführt werden, da die Batterien leer waren. Der Vogel flog jedoch weiter und kehrte erst nach insgesamt 30 Tagen zum Nest zurück. Das Messgerät erwies sich nach der langen Reise als vollständig intakt, die Daten konnten problemlos ausgelesen werden.

In Abbildung 3 ist auf einer globalen Skala die großräumige Flugbewegung wiedergegeben, die sich über Tausende von Kilometern erstreckt. Damit ist es jedoch noch nicht möglich, die kleinräumigen Flugmanöver zu erkennen, aus denen der dynamische Segelflug besteht. Hierfür ist eine höhere Auflösung in der bildlichen Wiedergabe erforderlich, die Flugbewegungen im Bereich von wenigen 100 m sichtbar macht.

In einer perspektivischen Darstellung eines kleinräumigen Flugmanövers zeigt Abbildung 4 einen Zyklus des dynamischen Segelfluges. Die Phasen 1 bis 4 sind deutlich zu erkennen und stimmen mit der obigen Prinzipbetrachtung überein. Dies gilt insbesondere für die obere Kurve 2, die für den Energiegewinn maßgeblich ist, sowie ihre Relation zum Wind.

Abb. 3: Fast 5.000 Kilometer in sechs Tagen: aufgezeichnete Flugbahn eines Albatros.

Abb. 4: Zyklus des dynamischen Segelfluges aus den Flugmessungen mit einem Albatros.

WWW

Über den Link kann ein .kmz-File für Google Earth heruntergeladen werden. Damit ist eine interaktive dreidimensionale Visualisierung des dynamischen Segelfluges eines Albatrosses aus den beschriebenen Flugmessungen möglich.

http://www.fsd.mw.tum.de/index.php?option=com_content&task=view&id=200

Tiere auf Wanderschaft

Wissenschaftler erforschen die großen alljährlichen Wanderungen von Tierherden, Vogelschwärmen oder Insekten, um die Verbreitung und das Zugverhalten der Tiere besser zu verstehen – nicht zuletzt im Hinblick auf biologische Invasionen und pandemische Krankheiten. Das Forschungsprojekt ICARUS erfasst die Tierwanderungen bald mit Hilfe der Internationalen Raumstation ISS.

VON MARTIN WIKELSKI, PHILIPP HARTL UND ALOYSIUS WEHR

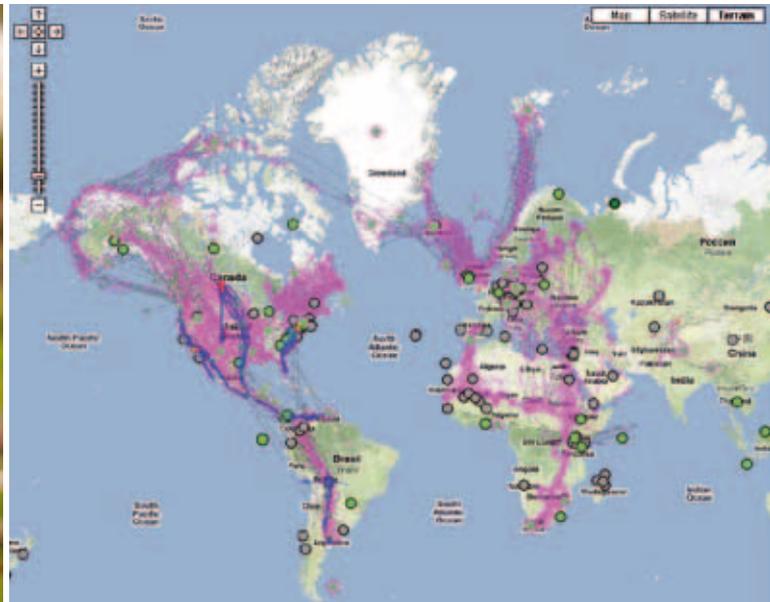
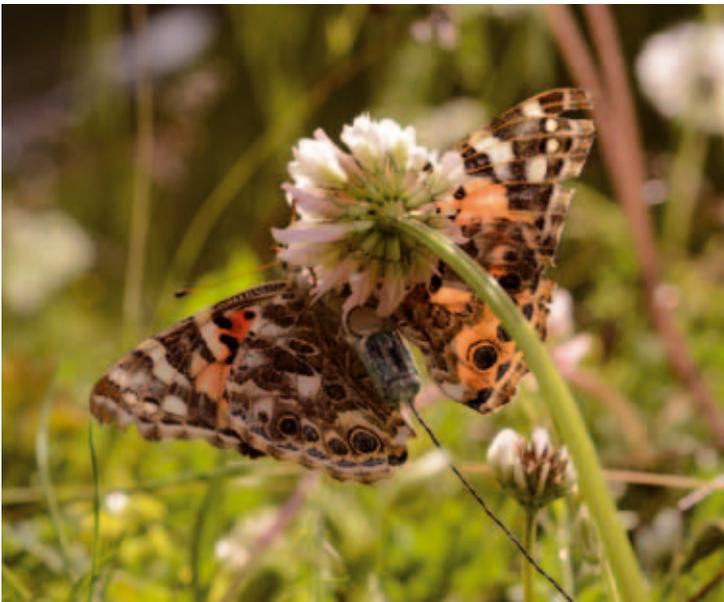


Abb. 1: Ausschnitt aus der Datenbank „Movebank“ (www.movebank.org) mit Zugrouten von Vögeln weltweit. Nur wenige Routen von großen Arten sind bekannt, viele Gegenden der Welt sind noch „weiße Flecken“. Nur große Vögel kann man mit ARGOS Satellitensendern weltweit beobachten, kleine Tiere wie Schmetterlinge können mit o,2-g-Peilsendern nur von Hand telemetriert werden (zu Fuß, per Auto oder Flugzeug).

Das Wanderungsverhalten der Tiere

Tiere gehören zu den wichtigsten Merkmalen unserer Erde, und die überwiegende Mehrheit von ihnen ist ständig auf Wanderschaft. Details der Wanderrouten kennen wir aber nur von ganz wenigen Tierarten. Wie finden sie ihre Wege, welchen Stress nehmen sie auf sich? Welche Folgen haben ihre Wanderschaft und ihr Verhalten im positiven und negativen Sinne auf unseren und ihren Lebensraum? Wir verstehen bislang auch kaum, wie Tiere wegen kontinuierlicher Umweltänderungen, etwa auf Grund von Naturereignissen und neuerdings vor allem auch wegen menschlicher Eingriffe in die Natur, ihr Wanderverhalten ändern bzw. ändern müssen oder sogar aussterben.

Solange nicht klar ist, wo, wann, wie und warum ein einzelnes Tier einer Population stirbt, kann nicht verstanden werden, wie sich Tiere an ständig verändernde Umweltbedingungen anpassen. Ein dramatisches Beispiel sind die jährlich etwa 20 Milliarden Zugvögel, von denen jedes Jahr ca. 10 Milliarden sterben, ohne dass wir ihr Schicksal voraussagen oder beobachten könnten.

Tier und Mensch

Tiere spielen eine große Rolle für uns Menschen und unseren Lebensraum. Ihre Verhaltensänderungen dienen uns als Sensoren und Frühindikatoren, denn Tiere sind die Betroffenen menschlichen Handelns. Sie sind aber auch unmittelbar für unsere eigene Existenz extrem wichtig, etwa im positiven Sinne als Nahrungsquelle oder im negativen Sinne als deren Vernichter. Sie spielen ferner wegen der rapide wachsenden Bevölkerungsdichte eine zunehmend wichtigere Rolle als Krankheitsüberträger und Verursacher von

Epidemien. Etwa 70 % der weltweiten Krankheitsepidemien, sei es SARS, das West Nil Virus oder die Vogelgrippe, entstehen als sog. Zoonosen (also von Tier zu Mensch bzw. von Mensch zu Tier übertragene Infektionskrankheiten) im Zusammenspiel zwischen Wildtieren, Nutztieren und Menschen.

Dass wir so wenig wissen, liegt in erster Linie daran, dass die meisten Tierarten relativ klein, scheu und flink sind und sich ihrem Umfeld sehr gut anpassen. Mit unseren Sinnen können wir sie daher nur schwer entdecken und verfolgen. Mit modernster Elektronik werden heute in lokalen Bereichen Tiere, die mit Mikrosendern (Plattform Transmitter Terminal, PTT) bestückt sind (s. Abb. 1, Schmetterling), durch Funkpeilung lokalisiert. Im Regionalbereich wird das Mobilfunknetz mit seinen Ortungs- und Datenübertragungsmöglichkeiten genutzt, jedoch mit Sendemodulen, die zu schwer für Kleinsttiere sind. Für das Studium der globalen Wanderung von Wildtieren sind satellitengestützte Systeme erforderlich, bei denen ein PTT seine Kennwerte und den Ort des Tieres mit minimaler Sendeleistung über einen Satellitentransponder zum „Beobachter“ überträgt.

Tiertracking mit Hilfe von Satelliten

Seit etwa 20 Jahren ermöglicht nach diesem Grundprinzip das sog. ARGOS System (Advanced Research and Global Observation Satellite) die Beobachtung der globalen Tierwanderungen, allerdings nur bei großen Tieren. Es wurde in den 1970er Jahren von der französischen Raumfahrtagentur CNES für die Belange der Meteorologie realisiert. Ursprünglich war das System bodenseitig fast ausschließlich für die Datenübertragung der „data collecting platforms“ vorgesehen, die weltweit verteilt an entlegenen Orten der Erde aufgestellt waren, ausgestattet mit automatisch arbeitenden kleinen Sendern, die die lokalen meteorologischen Daten wie Druck, Temperatur, Feuchtigkeit und Wind zum Wettersatelliten senden, sobald funktechnischer Kontakt möglich ist. Später wurden die ARGOS-Zusatznutzlasten für das Tiertracking erweitert. Obwohl die Weiterentwicklung dieser Nutzlast in den zurückliegenden Jahrzehnten Schritt für Schritt erfolgreich vorangetrieben wurde, ist sie jedoch schwierig und langwierig, weil die Satellitentypen, auf denen diese ARGOS-Transponder-Nutzlast mitfliegt, operationelle Wettersatelliten sind. Diese müssen notwendigerweise auf eine Lebensdauer von zehn bis 15 Jahren ausgelegt sein und jede Erneuerung auf der Raumfahrt-

seite ist deshalb frühestens nach einem solchen Zeitraum möglich. Außerdem muss bei einem operationell arbeitenden System jede Erneuerung im Gesamtsystem, also satelliten- und tiereseitig, notwendigerweise immer „rückwärts kompatibel sein“. Rasche Änderungen, wie sie auf Grund der technologischen Fortschritte in der Mikroelektronik im terrestrischen Mobilfunk im zweijährigen Rhythmus bekanntlich üblich sind, lassen sich daher mit ARGOS nicht realisieren.

Deshalb wurde das ICARUS-Forschungsprojekt angeregt, das sich derzeit in der Konzeptphase befindet. Mit ihm sollen unter Nutzung der Internationalen Raumstation ISS neue Konzepte entwickelt und erprobt werden, die eine schnelle Umsetzung der technologischen Fortschritte ermöglichen, frei von den oben erwähnten Zwängen. Das Vorhaben soll den Wissenschaftlern in den nächsten sechs bis acht Jahren unverzüglich jeweils die neuesten wissenschaftlichen „Werkzeuge“ zur Verfügung stellen, die sie benötigen. Allerdings ist die globale Datenübertragung von Mikrosendern eine große technische Herausforderung.

Signalübertragung über große Entfernungen

Eine dieser Schwierigkeiten ist der Funkkontakt zwischen dem Sender, der am Tier angebracht ist, und dem Satelliten (der sog. Up-link). Je höher der Satellit fliegt, desto schwächer ist das Signal, das er empfängt. Der Mikrosender des Tieres muss fast den ganzen oberen Halbraum ausstrahlen, da die Lage des Tieres nicht nur im Flug beliebig sein kann, sondern auch dann, wenn es verletzt oder tot am Boden liegt. Die Satellitenantenne hingegen kann eine bevorzugte Orientierung in Richtung Erde haben und eine größere (z. B. einen Quadratmeter große) Wirkfläche besitzen. Aber selbst dann kommt am Satellitenempfänger höchstens der 10^{-14} -te Bruchteil der Sendeleistung an, wenn die Schrägdistanz 1.000 km beträgt. Weitere ungünstige Einflüsse wie z. B. Mehrwegeeffekte oder Regen können zusätzlich zur Signalschwächung beitragen. Die Frequenzwahl für die Signalübertragung ist durch verschiedene Faktoren bestimmt. Bisher war und liegt der bevorzugte Bereich bei etwa 400 MHz, doch ist dies wegen der weltweiten Vorschriften der Regulierungsbehörden noch keineswegs endgültig festgelegt.

Beim Up-link ist neben der sehr kleinen Sendeleistung des Mikrosenders, die zwischen einigen wenigen und höchstens 50 Milliwatt liegen sollte, noch ein weiteres Problem kritisch: Alle Sender, die sich im momentanen Empfangsbereich des Satellitentransponders befinden, senden unkoordiniert ihre Signale. Die Positionen

DIE AUTOREN

Prof. Dr. Martin Wikelski ist Direktor des Max-Planck-Instituts für Ornithologie Radolfzell und Leiter der Abteilung Ornithologie der Universität Konstanz.

Prof. Dr. Philipp Hartl ist Emeritus der Universität Stuttgart, Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften sowie Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Dr.-Ing. Aloysius Wehr ist stellvertretender Direktor des Instituts für Navigation der Universität Stuttgart.

der mit Sender versehenen Tiere (z. B. Zugvögel) können jedoch weit auseinander liegen – im Extremfall rund 5.000 km – oder auch sehr nahe beieinander. Das am Satelliten empfangene Signalgemisch kann deshalb sowohl leistungsmäßig als auch im relativen Dopplerversatz, von dem nachfolgend die Rede ist, sehr unterschiedliche Schwankungen aufweisen.

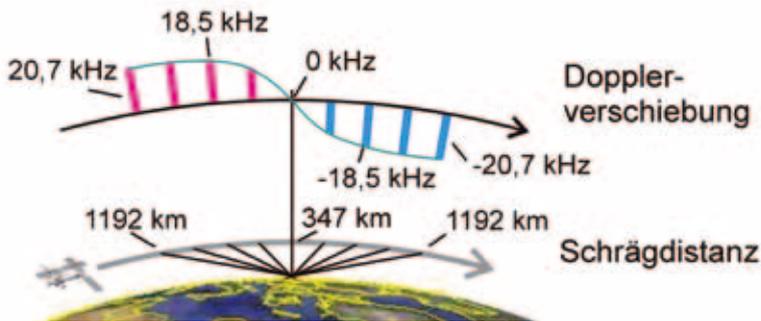
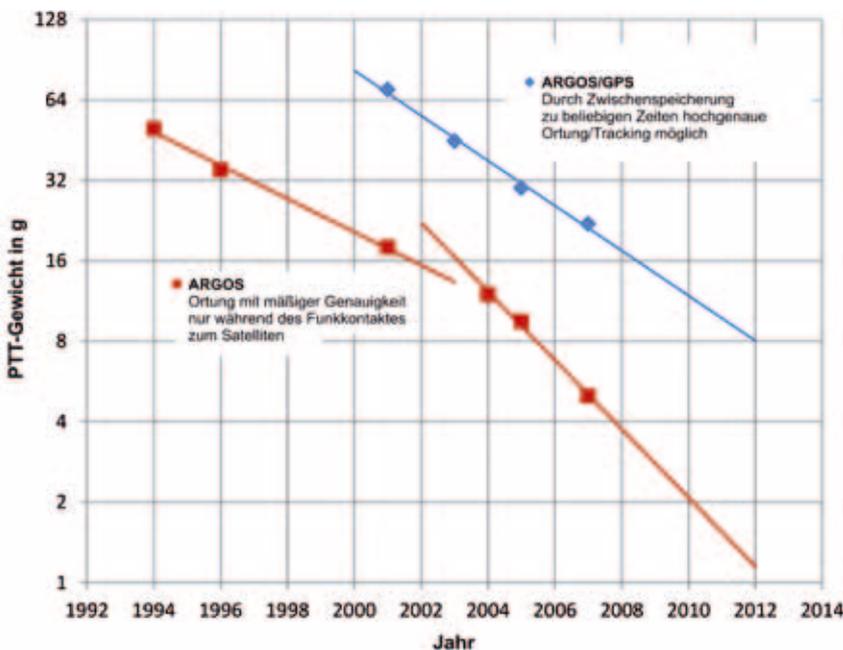


Abb. 2: Dopplerfrequenzverschiebungen in der Kommunikation zwischen Sender und Satellit.

Dopplerfrequenzverschiebungen

Wenn sich zwei Objekte, in unserem Fall Tier und Satellit, relativ zueinander bewegen (also aufeinander zu oder voneinander weg), dann empfängt der Satellit ein um die sog. Dopplereffekt verschobenes Signal, es ändert sich also ständig die Frequenz (Abb. 2). Diesen Effekt, der auch Dopplerfrequenzverschiebung heißt, kann man z. B. hören, wenn ein Feuerwehrauto mit Sirene vorbeifährt. Nur in dem Moment, wenn die beiden Objekte einander am nächsten sind, beträgt die Frequenzabweichung 0 Hz.

Abb. 3: Gewichtsreduktion von ARGOS PTTs mit Solarzelle im Verlauf der Jahre.



Für das Tiertracking kommen nur niedrig fliegende Satelliten mit Bahnhöhen zwischen etwa 300 und 1.000 km in Frage, da die Distanz zwischen Satellit und Sender möglichst klein sein soll. Diese Satelliten haben eine hohe Relativgeschwindigkeit zu den Tieren, aber zugleich auch kurze Kontaktzeiten zu den einzelnen Sendern. Die Dopplerfrequenzverschiebung ändert sich während eines Überfluges kontinuierlich. Dies hat eine negative und eine positive Auswirkung: Es ist einerseits schwierig, das individuelle Signal eines ganz bestimmten Tieres aus dem Summensignal herauszufiltern. Andererseits kann der Dopplerversatz (rot bzw. blau in Abb.2) aber auch zur Positionsbestimmung genutzt werden, und zwar beim sog. ARGOS-Doppler-Verfahren: Während des Überflugs werden drei bis fünf Dopplerverschiebungen entlang der S-förmigen Dopplerkurve auf den Wettersatelliten gemessen, hervorgerufen durch die von den Sendern abgestrahlten Signalen. Da die Frequenz und der Orbit des Satelliten bekannt sind, kann die Position des Tieres nun prinzipiell im Bereich von einem bis einigen hundert Metern bestimmt werden. In der Praxis ergeben sich jedoch oft Positionsirrtümer von mehreren 10 bis 100 km.

Fortschritte in der Gewichtsreduzierung bei ARGOS-PTTs

Die ersten „Kleinsender“ wogen mehrere Kilogramm und waren fest an den Tieren installiert. Heute sind die ARGOS-Sender für den mobilen Einsatz auf Kleintieren geeignet und wiegen in der leichtesten Ausführung 5 g (Abb. 3, rote Linie). Damit kann man Vögel ab einem Gewicht von 200 g ausstatten – von den rund 10.000 Vogelarten können also 1.500 überwacht werden. Einen großen Fortschritt bei der Gewichtsreduktion brachte das Jahr 2004: Durch Verwendung einer großflächigeren Solarzelle verkleinerte sich die Batteriegröße. Von da an verlief die Entwicklung nach dem Moore'schen Gesetz. Man sieht jedoch, dass die Extrapolation auf der Basis der eingezeichneten Trendlinie zu optimistisch ist: Die weitere Gewichtsreduktion nach der Fünfgamm-Version blieb aus. Zudem liefern gerade die kleinen Sender derzeit noch sehr unzuverlässige Ortungsdaten, die aufwändige Kontrollprozesse durchlaufen müssen.

Wenn man die Sender mit einem GPS-Empfänger ausstattet, lässt sich die Ortungsgenauigkeit in den Meterbereich steigern, dann steigt aber wiederum das Gewicht: Die ARGOS-GPS-Sender

wiegen derzeit noch rund 22 g und sind deshalb nur für weniger als ca. 500 Tierarten nutzbar (Abb. 3, blaue Linie).

ICARUS – Tiertracking mit Hilfe der internationalen Raumstation ISS

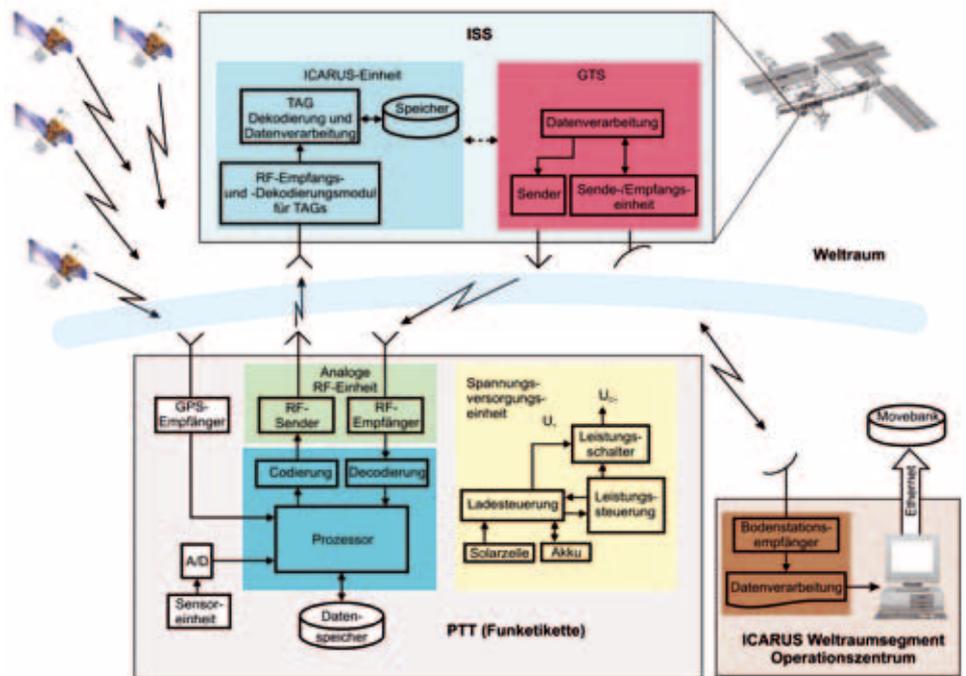
Das operative Trackingsystem ARGOS zeigt, wie man Tierwanderungen mit Hilfe von Satelliten weltweit erfassen kann. Mit dem stetigen Fortschritt in der Mobilfunktechnik eröffnen sich derzeit aber Schritt für Schritt neue Möglichkeiten der extremen Miniaturisierung und der Systemverbesserung. Die meisten Tierarten sind so klein, dass wir noch mindestens ein bis zwei Größenordnungen hinsichtlich der Massenreduktion und der Datenrate gewinnen müssen, um sie erfassen zu können. Das wird nur durch einen sehr umfassenden systemischen Ansatz und mit einem flexibel angelegten Experimentalprogramm möglich, wie es das ICARUS-Projekt darstellt. Sein Entwurf (Abb. 4) sieht die Internationale Raumstation ISS als Experimentierbasis vor, die dazu dient, optimale Trackingverfahren in Bezug auf Energieverbrauch und Zuverlässigkeit bei möglichst großen Stichproben zu entwickeln. Außerdem werden die mit ICARUS erfassten Trackingdaten über Ethernet an Datenbanken wie z. B. „Movebank“ (Abb. 1, www.movebank.org) weitergeleitet und stehen so Forschergruppen weltweit zur Verfügung.

Auf die weiteren Besonderheiten von ICARUS kann nur stichwortartig hingewiesen werden: Die Raumfahrtgeräte arbeiten unter laborähnlichen Bedingungen, besondere Strahlungs-, Vakuum- und Temperaturtests entfallen weitestgehend. Bei den periodischen Versorgungsflügen können häufig neuere Geräte mittransportiert werden.

Die ISS ermöglicht ein weites Experimentier- und Anwendungsfeld, das sowohl für Natur- als auch für Ingenieurwissenschaftler interessant ist. Aus diesem Grunde wird ICARUS dankenswerterweise durch das DLR und die ESA gefördert und von internationalen Organisationen wie der FAO und der UNEP/CMS (Bonner Konvention zum Schutz wandernder Tierarten) unterstützt.

Erste Ergebnisse von ICARUS

Erste Demonstrationsaufbauten für Konzeptstudien wurden im Auftrag des Max-Planck-Instituts



für Ornithologie und finanziert durch den Innovationsfonds der Max-Planck-Gesellschaft beim Steinbeis Transferzentrum Raumfahrt (TZR) und an der Universität Stuttgart durchgeführt. Es entstanden erste Sender mit kommerziellen Bauelementen, deren Gewichts- und Leistungsaufnahmebilanz viel versprechend sind: Durch einen höheren Integrationsgrad, z. B. in Form von ASICs (anwendungsspezifische integrierte Schaltung), werden GPS-Sender mit einem Gewicht von nur wenigen Gramm möglich (Tab. 1).

Abb. 4: Systemübersicht über ICARUS, ein weltweites System zur Beobachtung kleiner bewegter Objekte.

Tab. 1: Kaum mehr als 5 g Gewicht: Gewichts- und Leistungsaufnahmebilanz der ersten für ICARUS gebauten Sender.

Gewicht der ersten ICARUS-Sender	
Sendesignal und Takterzeugung	0,73 g
GPS-Empfänger inkl. GPS-Antenne	4,40 g
PSOC-Chip (FPGA) klein	0,17 g
Sendeantenne (ohne Halterung)	0,12 g
Solarzelle 22 mm x 7 mm	0,50 g
Gesamtgewicht der Bauteile	5,92 g
Leistungsaufnahme (Sender aktiv)	147 mW
Leistungsaufnahme (Standby)	87,6 µW

Wie Alter und Krankheit unseren Gang verändern

Wissenschaftler erforschen, wie der menschliche Gang eigentlich funktioniert und wie eng er mit der geistigen Leistungsfähigkeit verbunden ist.

VON KLAUS JAHN UND THOMAS BRANDT

FOSSILE FUSSABDRÜCKE aus Laetoli im Norden Tansanias, die in vulkanischer Asche vor etwa 3,6 Millionen Jahren entstanden sind, sind die ältesten Zeugnisse des zweibeinigen Ganges bei unseren menschenähnlichen Vorfahren (Abb. 2). Der Übergang vom vierbeinigen zum zweibeinigen Gang ging in der Evolution der Größenentwicklung des Gehirns weit voraus (die Art *Homo sapiens* ist vor ca. 200.000 Jahren entstanden) und gilt als einer der wesentlichen Entwicklungsschritte bei der Menschwerdung. Der zweibeinige Gang erlaubt den Werkzeuggebrauch, erleichtert die Kommunikation über Gesten und erweitert die Möglichkeiten der Nahrungsbeschaffung und -aufnahme.

Während der Kindheit entwickelt sich die Fähigkeit zum aufrechten Gehen innerhalb der ersten Lebensjahre und bleibt dann bis ins hohe Alter erhalten. Gerade im Alter sind jedoch Gangstörungen häufig – so haben etwa 35 % der 70-Jährigen einen gestörten Gang – und gelten heute als eine der wichtigsten Determinanten für die Lebensqualität: Gangstörungen führen zu Stürzen mit nachfolgenden Krankenhausaufenthalten, und durch Verletzungs-

Abb. 1: Die Dynamik des menschlichen Ganges illustriert die Bronzeskulptur „Forme uniche della continuità nello spazio“ des italienischen Futuristen Umberto Boccioni. Das Original aus dem Jahr 1913 befindet sich im Museum of Modern Art in New York, die Figur ist auch auf dem italienischen 20-Cent-Stück abgebildet.



folgen und die Angst vor dem nächsten Sturz wird die Mobilität weiter reduziert. Forschungsergebnisse der letzten Jahre zeigen außerdem, wie eng Einschränkungen des Gehens mit der geistigen Leistungsfähigkeit älterer Menschen assoziiert sind. Das ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass der zweibeinige Mensch für Gangsteuerung und Balanceerhaltung eine gute Hirnkontrolle benötigt.

Wie wird das menschliche Gehen gesteuert?

Die rhythmischen Bewegungsmuster beim Gehen sind auf Rückenmarksebene festgelegt. Interessant ist, dass auch beim Menschen während des Gehens Arme und Beine so koordiniert werden, wie es für den vierfüßigen Kreuzgang vieler Tiere erforderlich ist. Tatsächlich wurde die Existenz der autonomen Rhythmusgeber im Rückenmark vor über 100 Jahren durch Experimente an der Katze nahegelegt. Thomas Graham Brown wies im Jahr 1911 nach, dass Katzen auch nach vollständiger Durchtrennung des Stammhirns – und damit der Trennung von Gehirn und Rückenmark – Schrittbewegungen ausführen. Diese Rhythmusgeber existieren auch beim Menschen, wie die Fähigkeit zu Schrittbewegungen bei querschnittsgelähmten Patienten auf einem Laufband und der Erhalt der Koordination der vier Extremitäten beim Zweibeingang nahelegen. Die Rückenmarkzentren reichen aber nicht aus, um wirklich gut zu gehen. Sie erhalten Informationen von den Sinnesühlern in Muskeln, Sehnen und Haut und stehen unter Kontrolle des Gehirns. Die Hirnkontrolle ist besonders wichtig für jede Änderung beim Gehen: loslaufen, stehen bleiben, schneller werden oder Hindernissen ausweichen (Abb. 3).

In den 1960er und 1970er Jahren wurde wiederum bei der Katze nachgewiesen, dass ganz bestimmte Hirnregionen für die Gangsteuerung entscheidend sind. In diesen „Lokomotionsregionen“ (Lokomotion = Fortbewegung) konnten die Wissenschaftler durch Stromreizung Schrittbewegungen auslösen und die Schrittfrequenz beeinflussen. Lange war es unklar, ob ähnliche Strukturen beim Menschen existieren. Erste Hinweise auf humane Lokomotionsregionen ergaben sich bei Patienten mit umschriebenen Läsionen nach einem Schlaganfall.

In den letzten Jahren konnten wir und andere Forschergruppen die für das Gehen wichtigen Hirnregionen darstellen und haben das Netzwerk für die Gangsteuerung beim Menschen besser verstehen gelernt. Die Methoden, die man dabei verwendet, sind die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), bei der die Hirn-

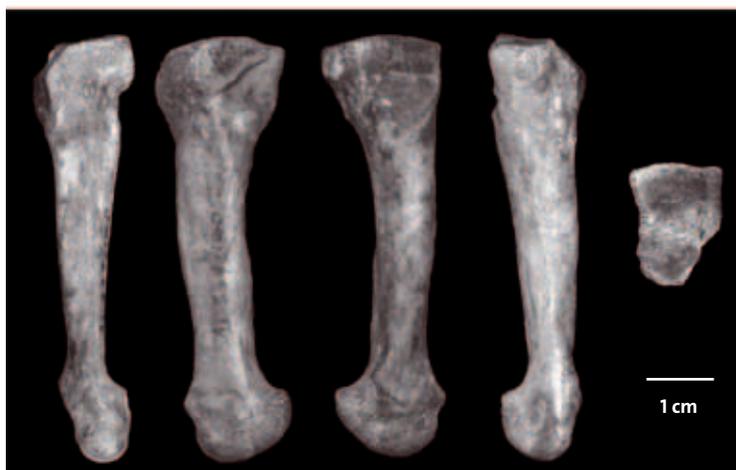
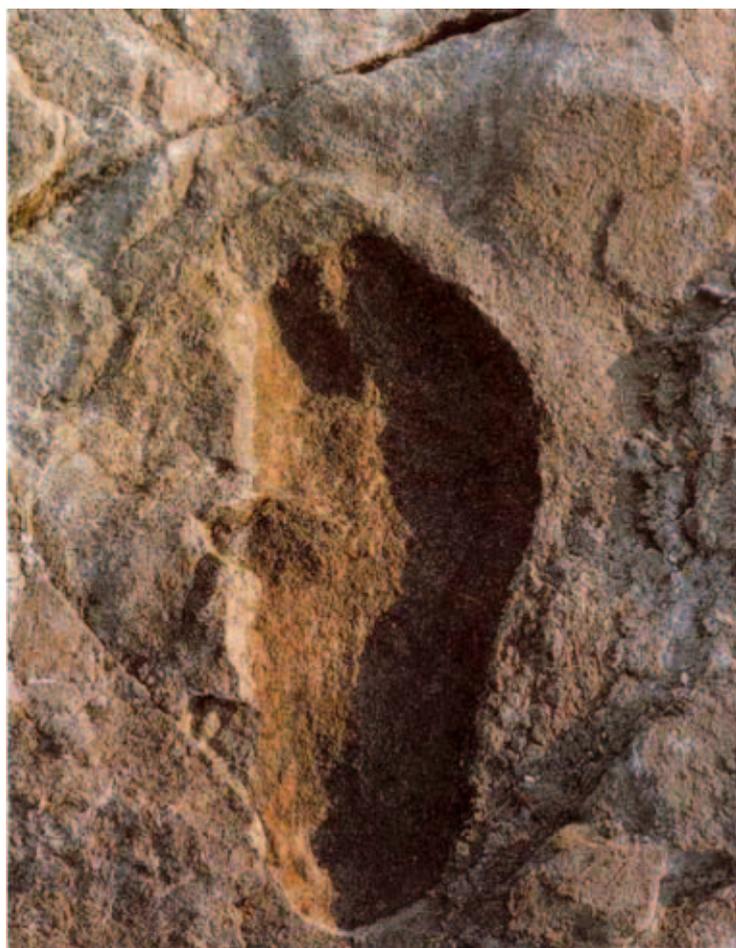


Abb. 2: Die ältesten Zeugnisse des zweibeinigen Ganges bei unseren Vorfahren: oben ein Fußabdruck aus dem Laetoli-Gebiet in Ostafrika, der vor ca. 3,6 Millionen Jahren entstand, unten ein Mittelfußknochen – mehr als 3 Millionen Jahre alt, aus Äthiopien –, dessen Wölbung den Zweibeingang beweist.

aktivität indirekt über Änderungen des Sauerstoffverbrauchs im Blut gemessen wird, und die Positronenemissionstomographie (PET), bei der der Zuckerverbrauch der Nervenzellen bestimmt wird. Da im MRT jedoch jede Beinbewegung zu Bildunschärfe führt, machten wir uns die Tatsache zunutze, dass *vorgestellte* und *tatsächliche* Bewegungen zu sehr ähnlicher Hirnaktivität führen und untersuchten daher vorgestelltes Gehen. Besonders der Stirnlappen des Großhirns, der auch sonst für Antrieb und Initiative Bedeutung besitzt, und Neuronengruppen im Stammhirn und im Kleinhirn sind für das Gehen beim Menschen wichtig (Abb. 4). Die Kenntnis dieser

Strukturen ist wichtig, um Gangstörungen zu behandeln. So kann man beispielsweise bei der Parkinson-Erkrankung die Unfähigkeit loszulaufen verbessern, indem man die Lokomotionsregionen im Mittelhirn elektrisch stimuliert. Bei Kleinhirnerkrankungen können Medikamente die rhythmische Aktivität der Zellen verbessern und machen so auch das Gehen gleichmäßiger.

Gang und Kognition bei Alter und Krankheit

Altern führt nicht unweigerlich zu gestörtem Gehen und Sturzgefahr. Beim normalen Altern nimmt vor allem die Geschwindigkeit ab, nach dem 60. Lebensjahr um etwa 1 % pro Jahr. Obwohl es viele Ursachen dafür gibt, dass man im Alter langsamer wird (z. B. Biomechanik der Muskeln und Gelenke, Funktion der Sinnesorgane, Signalverarbeitung im Gehirn, Leistungsfähigkeit von Herz und Lunge) und diese Ursachen in vielfältiger und komplizierter Wechselbeziehung stehen, hat sich die Ganggeschwindigkeit dennoch als ein sehr aussagekräftiger Parameter herausgestellt, um die Gesundheit älterer Menschen zu beurteilen. Geht ein Mensch spontan

Abb. 3: Die Skulptur „Walking Man“ von Jonathan Borofsky (1995) vor dem Gebäude der Munich Re in München illustriert, wie der Mensch seine Fortbewegung kontrolliert (sog. Lokomotion). Das Grundbewegungsmuster ist im Rückenmark festgelegt. Das spinale Lokomotionszentrum wird vom Gehirn aktiviert und interagiert mit den sensorischen Systemen.

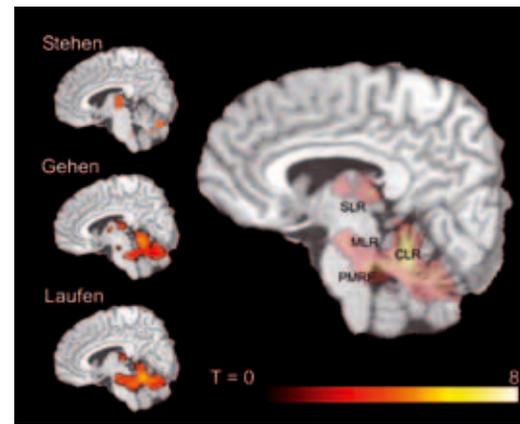


Abb. 4: Hirnareale für die Gangsteuerung beim Menschen. Die Abbildung zeigt vertikale Schnittbilder des Hirns mit Magnetresonanztomographie bei einer Gruppe von 26 gesunden Personen, die sich Stehen, Gehen und Laufen im Scanner vorgestellt haben. Links sind die unterschiedlichen Aktivierungen für die Bedingungen zu sehen, rechts ist die Aktivierung für Gehen und Laufen gezeigt. Die Beschriftung zeigt die ungefähre Lage der Lokomotionsregionen an. Abkürzungen: CLR – cerebelläre Lokomotionsregion, MLR – mesencephale Lokomotionsregion, PMRF – ponto-medulläre Formatio reticularis, SLR – subthalamische Lokomotionsregion.

langsamer als 0,6 m/s, so ist er in den allermeisten Fällen auf Hilfe angewiesen. Auf der anderen Seite sind praktisch alle Personen, die schneller als 1 m/s gehen, selbstständig.

Auch die Wahrscheinlichkeit zu versterben korreliert eng mit der Ganggeschwindigkeit (Abb. 5). In der Weihnachtsausgabe des British Medical Journal erschien 2011 ein Artikel mit dem Titel „How fast does the Grim Reaper walk?“ („Wie schnell geht der Sensenmann?“). In der Langzeitbeobachtung von fast 2.000 älteren Männern in Sidney (Australien) wurde festgestellt, dass die höchste Wahrscheinlichkeit zu sterben bei einer Ganggeschwindigkeit von 0,82 m/s besteht. Keiner der Männer, die schneller als 1,36 m/s gingen, verstarb während des Beobachtungszeitraums. Die Schlussfolgerung aus diesen Daten war die Annahme, dass der Sensenmann nicht schneller als 1,36 m/s gehen kann und dass diese Geschwindigkeit anzustreben sei, um dem Tod sicher zu entgehen.

Neben der Geschwindigkeit ist es die Wechselbeziehung zwischen Geist und Mobilität, die für die Einschätzung von Sturzgefahr und Einschränkung der Lebensqualität Bedeutung hat. Normalerweise läuft das Gehen sehr automatisiert

ab und erfordert nur wenig Aufmerksamkeit. In schwierigen Situationen, die mehr Haltungskontrolle erfordern, müssen andere Aktivitäten, z. B. eine Unterhaltung, gegebenenfalls unterbrochen werden, um die Haltungskontrolle sicherzustellen. Im Alter nimmt die Hirnkontrolle des Gehens zu. Für manche Hirnerkrankungen wie die Parkinson-Erkrankung und Demenzen ist es ein typisches Zeichen, dass auch einfaches Gehen bei gleichzeitiger geistiger Beanspruchung nicht möglich ist. Das Stehenbleiben beim Gehen, sobald eine Unterhaltung begonnen wird (der schwedische Arzt Lillemor Lundin-Olsson prägte dafür 1997 die eingängige Formulierung „Stops walking when talking“), ist ein empfindliches Zeichen für erhöhte Sturzgefahr. Der Arzt kann die so genannte „Dual-task“-Fähigkeit – also die Möglichkeit, sich auf zwei Dinge gleichzeitig zu konzentrieren – leicht testen, indem er beim Gehen zusätzliche Aufgaben stellt (z. B. Rechenaufgaben, Wortlisten). Wird der Patient dann auch bei einfachem Gehen sehr viel langsamer oder bleibt gar stehen, so besteht der Verdacht auf eine deutliche Beeinträchtigung der Hirnleistung. Die Funktionsstörung, die meist durch vermehrten Nervenzelluntergang (Neurodegeneration) verursacht wird, führt dazu, dass die verbleibenden Neuronen überlappende Aufgaben haben. Wenn dann der Gleichgewichtserhaltung nicht höchste Priorität eingeräumt wird, kommt es zu Stürzen. Bei der Parkinson-Erkrankung stürzen beispielsweise über 50 % der Patienten mehr als einmal innerhalb von 12 Monaten. Es hat sich gezeigt, dass diejenigen Personen, die langsamer oder unregelmäßiger gehen, häufiger eine Demenz entwickeln. Umgekehrt hat die Mehrheit der demenzten Patienten eine Gangstörung mit wiederholten Stürzen.

Konsequenzen für die Mobilität im Alter

Störungen des Gehens im Alter sind in vielen Fällen Ausdruck einer Kombination von Störungen an Muskeln, Gelenken, Nerven und beeinträchtigter Hirnfunktion. Auch die Therapie erfordert daher die Kombination mehrerer Verfahren: Bei der Parkinson-Erkrankung werden Krankengymnastik, Medikamente und Stimulationselektroden in Lokomotionsregionen des Gehirns eingesetzt, um das Gehen zu verbessern. Die Sturzgefahr kann z. B. durch Medikamente reduziert

werden, die die Verfügbarkeit des Überträgerstoffs Acetylcholin im Gehirn erhöhen. Der wahrscheinliche Mechanismus ist eine Verbesserung der Signalübertragung an einer wichtigen Lokomotionsregion im Mittelhirn. Auch körperliches Training hilft bei Gangstörungen.

Allgemein ist inzwischen nachgewiesen, dass Gehen nicht nur die körperliche, sondern auch die geistige Leistungsfähigkeit verbessert. Je länger die tägliche Gangstrecke, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, eine Demenz zu erleiden. Bedeutet dies nun, dass man im Alter so schnell und so viel wie möglich gehen sollte? Tatsächlich kann zumindest im Tierversuch die Neubildung von Nervenzellen aus Stammzellen durch körperliche Aktivität ebenso wie durch kognitive Aufgaben angeregt werden. Körperliche und kognitive Aktivität wirken dabei additiv. Wahrscheinlich wird auch beim Menschen der Stammzellpool im erwachsenen Gehirn durch Gehen und Sport aktiv gehalten, so dass körperliche Aktivität eine der wirksamsten Maßnahmen ist, um einer drohenden Neurodegeneration entgegenzuwirken. ■

DIE AUTOREN

Prof. Dr. med. Klaus Jahn ist Oberarzt an der Neurologischen Klinik der LMU München und am Deutschen Schwindelzentrum (IFB^{LMU}).

Prof. Dr. med. FRCP Thomas Brandt ist im Rahmen einer Hertie-Senior-Forschungsprofessur Direktor des Instituts für Klinische Neurowissenschaften der LMU München sowie Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und Sprecher des vom BMBF geförderten Deutschen Schwindelzentrums (IFB^{LMU}).

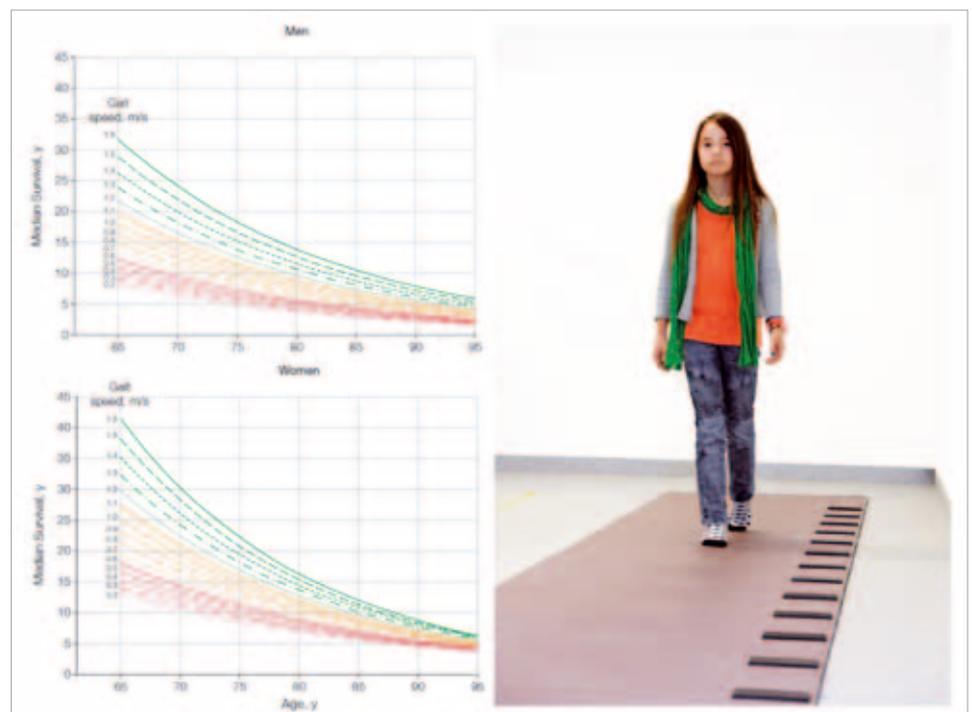


Abb. 5: Lebenserwartung in Abhängigkeit von der Ganggeschwindigkeit. Die Diagramme zeigen für Frauen und Männer, dass die mittlere Lebenserwartung (y-Achse) bei gegebenem Alter (x-Achse) von der Ganggeschwindigkeit abhängt. Rechts eine junge Patientin bei der Ganguntersuchung auf einem Sensorteppich im Ganglabor Großhadern. Dort werden Parameter wie Schrittlänge, Schrittfrequenz und Variabilität der Schritte gemessen, um z. B. das Sturzrisiko einzuschätzen oder den Effekt der Therapie zu dokumentieren.

Mobilfunk – Innovationsmotor für die digitale Informationsübertragung

2013 wird es auf der Erde wohl mehr Mobilfunkgeräte als Menschen geben. Das große Interesse hat in den letzten 30 Jahren nicht nur die Entwicklung neuer Technologien zur Nachrichtenübertragung wesentlich beschleunigt, sondern auch viele theoretische Erkenntnisse bewirkt, die wiederum enorme Fortschritte in der digitalen Kommunikation nach sich zogen.

VON JOACHIM HAGENAUER UND JOHANNES HUBER

30 Jahre digitaler Mobilfunk – eine Erfolgsgeschichte

Die mobile Telefonie war in Europa vor 1990 recht uneinheitlich organisiert: Es existierten fünf verschiedene, inkompatible Systeme nebeneinander. Die Nutzung in Deutschland war im Wesentlichen auf Geschäftsleute beschränkt, da die Investitions- und Betriebskosten sehr hoch waren. Bei einer Reise von Stockholm nach Neapel hätte man damals vier verschiedene Handys mit sich führen müssen, um überall mobil telefonieren zu können. Die Vereinigung der europäischen Postverwaltungen hatte, die weitere Entwicklung voraussehend, bereits 1982 die „Groupe Spéciale Mobile“ (GSM) gegründet, mit der Aufgabe, ein neues, digitales Mobilfunksystem für Europa zu konzipieren. 1991 wurden die ersten Testgeräte auf der Ausstellung „Telecom 91“ in Genf vorgeführt: unförmige Kästen, die im Auto den halben Kofferraum ausfüllten.

Der beispiellose Erfolg von GSM beruht wesentlich darauf, dass der aktuelle Stand der Wissenschaft in der Informations- und Kommunikationstechnik ohne große Rücksicht auf die damaligen Implementierungsmöglichkeiten von der Theorie in die Praxis umgesetzt wurde. Niemand sah zu dem Zeitpunkt voraus, dass diese Geräte einst weltweit benutzt werden und sich zu dem heute üblichen Kleinformat entwickeln würden (Abb. 1). Der Standard GSM, mittlerweile umbenannt in „Global System for Mobile Communications“,

wird heute von etwa 5 Milliarden Teilnehmern in über 800 GSM-Mobilfunknetzen in rund 200 Ländern der Welt genutzt; dies entspricht einem Anteil von etwa 80 Prozent aller Mobilfunkkunden. Neben dem europäischen GSM-Standard und seinen Nachfolgern UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) und LTE (Long Term Evolution [of UMTS]) gibt es weitere Standards, die in den USA und Japan entwickelt wurden, jedoch weniger erfolgreich sind.

Innovationen in der Sprach-, Bild- und Datenkompression

Das GSM-Mobilfunk-System wurde ursprünglich hauptsächlich für die Sprachübertragung konzipiert. Um die auf 4 kHz beschränkte analoge Telefonsprache im digitalen Mobilfunk zu übertragen, wird diese abgetastet und quantisiert, also digitalisiert. Die digitalisierte Sprache hat eine Datenrate von 104 kbit/s und muss anschließend für eine effiziente Übertragung auf 13 kbit/s bzw. sogar auf 6,5 kbit/s komprimiert werden. Man entwickelte dazu das Verfahren der „Analyse durch Synthese“, bei dem Signalabschnitte von jeweils 20 Millisekunden Dauer basierend auf Modellen der menschlichen Stimmbildung synthetisiert werden. Die Parameter der Synthese werden dabei so optimiert, dass der aktuelle Ausschnitt aus dem Sprachsignal möglichst gut





angenähert wird. Ein Standardverfahren hierfür ist das „Codebook excited linear prediction (CELP)“-Verfahren, bei dem die Sprachformung im Kehlkopf durch typische Anregungsformen und Filterparameter nachgebildet wird. Nur diese Form- und Filterparameter werden dann digital codiert übertragen. Auf der Empfangsseite wird aus den übertragenen Parametern die Sprache wieder synthetisiert. Die Entwicklung dieses Verfahrens gelang nur durch die enge Zusammenarbeit von Akustikern, Sprachpsychologen und Digitalexperten sowie mit Hilfe umfangreicher Hörversuche.

Beim neueren „Adaptive Multirate (AMR)“-Sprachcodec geht man sogar noch einen Schritt weiter: Da sowohl die Sprache als auch der Mobilfunkübertragungskanal hochdynamische Prozesse sind, verändert man die Sprachdatenrate für 20 Millisekunden-Abschnitte zwischen 5,15 kbit/s und 12,2 kbit/s.

Weil die Datenübertragungsraten im Mobilfunk eingeschränkt sind, wurden in der Forschung auch die Kompressionstechniken für Bilder und

Videos erheblich vorangetrieben. So werden bei der Übertragung von Bildern im JPEG- und MPEG-Verfahren nur für das menschliche Auge wichtige Komponenten verwendet, die Quantisierung wird nach Bedarf angepasst. Bei Bewegtbildern werden statische Anteile nur einmal übertragen und nachfolgend nur noch die veränderlichen Anteile. Diese Techniken, die ursprünglich für den Mobilfunk entwickelt wurden, sind inzwischen auch in der Festnetzübertragung und in der Speichertechnik eingeführt. Die von C. E. Shannon entwickelte Informationstheorie erlaubt es, absolute Grenzen für solche Kompressionsverfahren anzugeben, an denen praktische Verfahren gemessen werden.

Herausforderung Mobilfunkkanal

Der Mobilfunkkanal ist durch rasche zeitliche Änderungen sowie durch Mehrwegeausbreitung gekennzeichnet: Das Funksignal breitet sich einerseits auf direktem Weg zwischen Sender und Empfänger aus und andererseits über Umwege infolge von Reflexionen und Streuungen, etwa an Gebäuden, Bewuchs, gebirgigen Erhebungen etc. Bestehen z. B. für relevante Ausbreitungspfade Längendifferenzen von 4 km, was typischerweise in gebirgigen Regionen auftritt, so beträgt die

Abb. 1: Rasante Entwicklung: Vom „mobilen Fernsprechapparat“ (1991) zum Preis von mehr als 3.000 D-Mark zu den kleinen, kostengünstigen Geräten für die Hosentasche.

DIE AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer ist ehem. Ordinarius für Nachrichtentechnik an der TU München. Mit seinen Forschungen hat er maßgeblich zur Entwicklung leistungsfähiger Verfahren zur Codierung und Decodierung von Signalen in Übertragungssystemen beigetragen. Er ist Vorsitzender der Kommission BAdW Forum Technologie.

Prof. Dr.-Ing. Johannes Huber hat den Lehrstuhl für Informationsübertragung an der Universität Erlangen-Nürnberg inne und ist Mitglied der Kommission BAdW Forum Technologie. Er forscht zu vielfältigen Aspekten der modernen digitalen Nachrichtenübertragung, im Mittelpunkt seiner Arbeit stehen informations- und signaltheoretische Grundlagen zur Entwicklung hocheffizienter Kommunikationssysteme.

Beide Autoren sind Mitglieder der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

hierdurch hervorgerufene zeitliche Dispersion des Signals ca. 14 Millisekunden. Dies entspricht aber bereits einem Vielfachen der Dauer eines Informationssymbols. Durch Mehrwegeausbreitung entstehen zudem örtliche Interferenzmuster, die bereits bei einer Ortsveränderung eines Mobiltelefons von wenigen Zentimetern zu starken Änderungen der Übertragungseigenschaften führen. Bewegt sich z. B. ein Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 180 km/h, so bedeutet dies, dass die empfangsseitige Schätzung der Übertragungseigenschaften mehr als 10.000 Mal pro Sekunde aktualisiert werden muss.

Innovationen in der Übertragungstechnik: das Beispiel Signalentwurf

Beim Mobilfunk der zweiten Generation (2G) nach dem GSM-Standard wurde neben dem üblichen Frequenzmultiplex zusätzlich der Zeitmultiplex eingeführt. Dabei werden die Daten von acht Nutzern ineinander verschachtelt übertragen. Dies führt zusammen mit einer Redundanz der Kanalcodierung und Kontrolldaten zu einer Datengeschwindigkeit von 272 kbit/s bei einer Signalbandbreite von 200 kHz. Hierdurch wird eine hinreichende Bandbreite des Signals erreicht, so dass infolge Mehrwegeausbreitung keine Totalauslöschung erfolgen kann, sondern das Signal entzerrbar bleibt.

Bei der dritten Generation (3G) nach dem UMTS-Standard wurde die ursprünglich aus der militärischen Nachrichtentechnik stammende Bandspreiztechnik zusammen mit Codemultiplex (Code Division Multiple Access, CDMA) auf den Mobilfunk übertragen. Die einzelnen Datensymbole werden hierbei durch breitbandige, nutzerspezifische Signatursequenzen repräsentiert. Dadurch ist es möglich, die Signale vieler Nutzer zeitgleich im gleichen Frequenzband zu überlagern. Da trotz unterschiedlicher Signaldämpfungen für eine empfangsseitige Trennung die Einzelsignale mit annähernd gleicher Leistung empfangen werden müssen, wird die Sendeleistung der Mobiltelefone dynamisch sehr schnell auf den jeweils

minimal erforderlichen Betrag geregelt. Das hat positive Auswirkungen auf die Akku-Laufzeit und die Strahlungsbelastung.

Derzeit befindet sich das digitale Mobilkommunikationssystem der vierten Generation (4G) LTE in der Einführungsphase. Hierbei kommt ein Vielträger-Übertragungsverfahren zum Einsatz, d. h. es werden sehr viele, längs der Frequenzachse eng benachbarte Einzelsignale (Orthogonal Frequency Division Multiplex: OFDM) für jeden einzelnen Nutzer verwendet. Mit LTE erreicht der Mobilfunk ähnliche Datengeschwindigkeiten wie leitergebundene Netze, etwa DSL. Mobilfunkkommunikation kann damit maßgeblich zur Versorgung des ländlichen Raumes mit schnellem Internetzugang beitragen.

Innovationen in der Übertragungstechnik: das Beispiel Entzerrungsverfahren

Die Mehrwegeausbreitung bewirkt eine Überlagerung zeitlich verschobener Kopien des Sendesignals. So entsteht beispielsweise beim GSM-Signal bei Laufzeitdifferenzen von 16 Mikrosekunden eine Überlagerung von Signalen für fünf aufeinanderfolgende binäre Datensymbole. Zur Entzerrung wird die Mehrwegeausbreitung als Codierungsvorgang interpretiert, die Daten werden mittels eines Decodieralgorithmus aus dem verzerrten Signal extrahiert. Zusätzlich wurden Methoden entwickelt, die die Zuverlässigkeit der einzelnen Symbole schätzen. Diese Information wird als sog. „soft-input“ an die Kanaldecodierung weitergegeben. Für das GSM-System konnte zudem Anfang

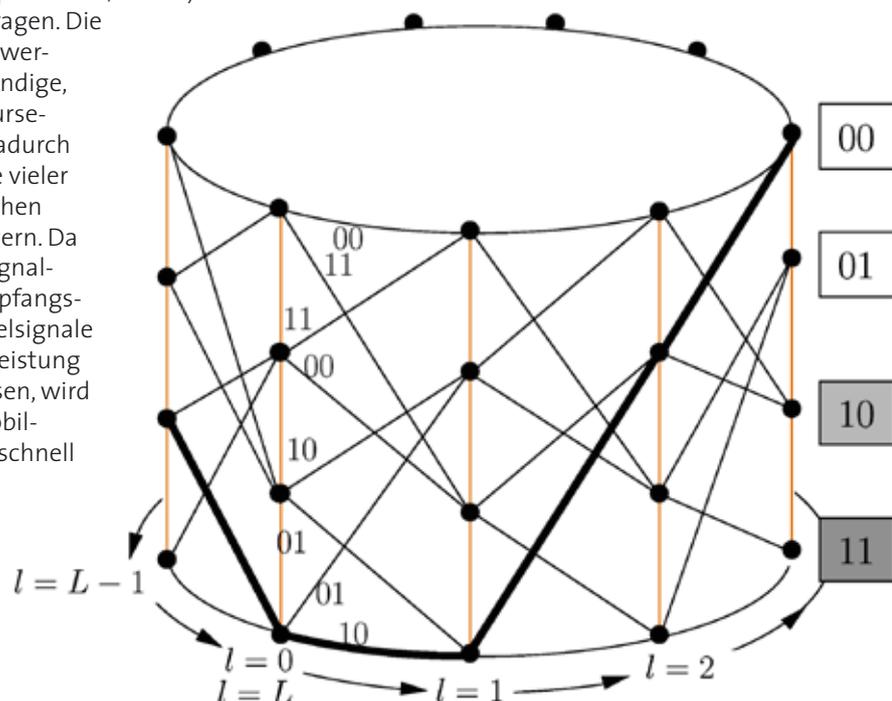


Abb. 2: Spalierdiagramm eines zirkulären Faltungscodes.

des Jahres 2000 unter Nutzung spezieller Eigenschaften des Sendesignals ein Verfahren entwickelt werden, das es durch Software-Update erlaubt, ein weiteres GSM-Signal im gleichen Frequenzband zu unterdrücken (Single Antenna Interference Cancellation, SAIC). So ist es möglich, die Kapazität von GSM-Netzen drastisch zu steigern, da gleiche Frequenzbänder in eng benachbarten Funkzellen wiederverwendet werden können.

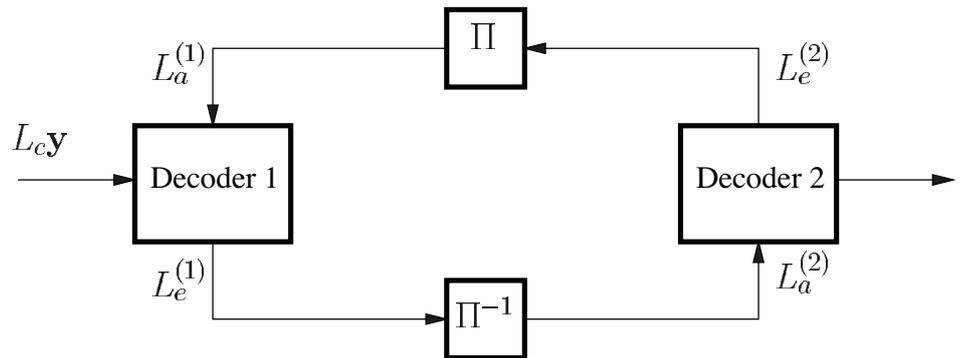


Abb. 3: Prinzip der Turbo-Decodierung. Beide iterativ arbeitenden Decoder tauschen Zuverlässigkeitsinformationen aus.

Innovationen in der Fehlersicherungstechnik

Um Übertragungsfehler zu vermeiden, fügt man den komprimierten digitalen Signalen vor der Funkabstrahlung gezielt wieder Redundanz hinzu. So kann man auf der Empfangsseite nicht nur Übertragungsfehler erkennen, sondern auch gleich automatisch korrigieren. Im Mobilfunk ist das unbedingt notwendig, da infolge der schwankenden Funksignaldämpfung und der Interferenzstörungen Fehler häufig und sogar gebündelt auftreten.

Zunächst verwendete man dazu die aus der Satellitenübertragungstechnik bekannten, durch ein Spalierdiagramm darstellbaren Faltungscodes (Abb. 2). Für die Kanaldecodierung gibt Shannons Informationstheorie jedoch prinzipielle Grenzen des Erreichbaren an. An diese Grenzen heranzukommen, war seit 1948 das Ziel vieler Nachrichtentechniker. Da der Mobilfunk nach kleinen Fehlerraten auch bei niedriger Sendeleistung verlangt, wurde die Annäherung an diese Shannon-Grenzen immer dringender. 1993 gelang dann der Durchbruch mit der sog. Turbo-Decodierung, bei welcher der Empfänger zwei Teilcodes in iterativer Weise decodiert (Abb. 3). Für große Blocklängen kann man so die durch Shannon vorgegebenen Grenzen bezüglich der minimal notwendigen Empfangssignalleistung bis auf etwa ein Dezibel erreichen. Ähnliche Erfolge erzielte man durch sog. „Low Density Parity Check“ (LDPC)-Codes. Beide Codierverfahren fanden sogleich Eingang in die Standardisierung.

Innovationen in der Antennen- und Netztechnik

Seit Mitte der 1990er Jahre wurden Konzepte entwickelt, um bei der Funkkommunikation

durch mehrere Antennen an Sendern und Empfängern den Raum als zusätzliche Ressource zu erschließen, und zwar mit Hilfe des sog. „Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO)“-Kanals. Mittels sehr schneller (optischer) Datenverbindungen können so auch Basisstationen, die bis zu mehrere Kilometer voneinander entfernt sind, zu einer großen MIMO-Sende- bzw. Empfangsstation zusammengefasst werden. Hierbei sind allerdings sich sehr rasch ändernde Phasenbeziehungen zwischen Signalen mit einer Genauigkeit von ca. 0,1 Pikosekunden sicherzustellen („Coordinated MIMO“).

Aktuelle Forschungsthemen: Kooperative Kommunikation und Kooperation von Basisstationen

In der kooperativen Kommunikation, einem der aktuellen Forschungsfelder, wird das Paradigma eines innerhalb einer Funkzelle sternförmigen Mobilfunknetzes aufgegeben, bei dem die Mobiltelefone ausschließlich mit einer oder mehreren Basisstationen verbunden sind, welche der vollen Kontrolle des Netzbetreibers unterliegen. Stattdessen helfen Mobiltelefone bei geringem eigenen Datenaufkommen anderen, fremden Nutzern, die Verbindung zum Hintergrundnetz aufrechtzuerhalten, indem sie zusätzlich Relaisfunktionen übernehmen. Es werden also Daten von Mobiltelefon zu Mobiltelefon weitergereicht, ehe diese zum Zielgerät gelangen. So lassen sich Datensicherheit und -geschwindigkeit verbessern.

Viele praktische Probleme der Koordination von Sendebzw. Empfangssignalen mehrerer Basisstationen zur Erzeugung bzw. Verarbeitung phasenkohärenter Signale an getrennten Orten sind derzeit noch nicht gelöst. Insbesondere die hinreichend schnelle und genaue Schätzung der Übertragungseigenschaften aller aktiven Übertragungswege und der Austausch dieser Daten zwischen allen beteiligten Netzknoten stehen im Mittelpunkt aktueller Arbeiten. ■

An jedem Ort, zu jeder Zeit: Mobilität im „Netz“

Wissenschaftler und Studierende sind heute weltweit unterwegs, schicken binnen Sekunden Daten auf andere Kontinente, lehren und lernen per Video und Livestream. Dazu benötigen sie eine professionelle Infrastruktur. Das Leibniz-Rechenzentrum sorgt dafür, dass im Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) und darüber hinaus alles reibungslos und auch mobil funktioniert.

VON HELMUT REISER

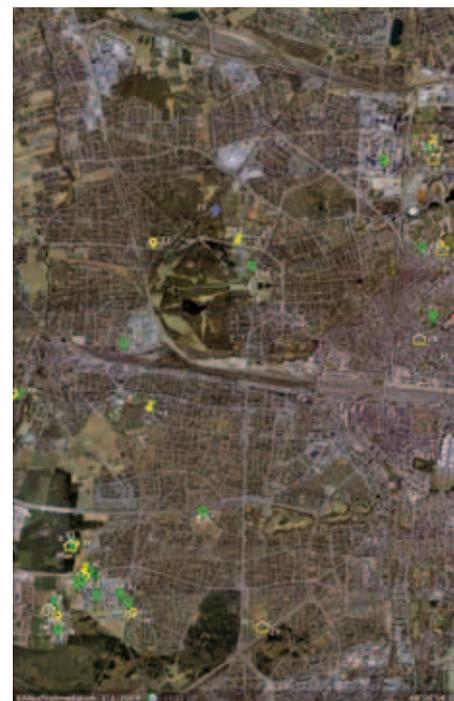
DAS „NETZ“ IST heute eine unverzichtbare Basisinfrastruktur für jeden Wissenschaftler, Studierenden und Mitarbeiter, ob an einer Hochschule oder einer außeruniversitären Forschungseinrichtung. Und genau so wird es auch wahrgenommen: Das „Netz“ ist einfach da, es funktioniert immer und am besten überall. Parallel dazu ist die sog. pervasive Universität entstanden, also eine Universität, die didaktisch, technisch und organisatorisch pervasive Lehr- und Lernumgebungen unterstützt (s. H.-G. Hegering et al. 2009 im Literaturverzeichnis S. 33). Lernen und Lehren sind dabei nicht mehr nur auf Hörsäle, Seminarräume oder Bibliotheken beschränkt, sondern finden überall und potentiell zu jeder Zeit statt. So gibt es heute z. B. bereits viele Vorlesungen, die per Video aufgezeichnet und über einen Streaming-Server abgerufen werden können. Pervasives Lernen und Lehren werden auch durch neue, leistungsfähige und einfach zu benutzende mobile Geräte unterstützt und stark gefördert. Viele dieser Geräte (Smartphones, Tablet-Computer, MP3-Player, etc.) gelten als schick und „trendy“, was in den letzten Jahren sicher auch zur extrem großen Verbreitung beigetragen hat. Diese Geräteklasse lässt sich in der Regel gar nicht mehr ans Festnetz anschließen. Eine Kommunikation bzw. Verbindung mit dem Internet ist ausschließlich über Funk möglich.

Auch in der europäischen Universitäts- und Forschungslandschaft wird eine wachsende Bedeutung der Mobilität, sowohl bei den Netzen als auch den Anwendungen, festgestellt. Die Europäische Kommission spricht im Strategiepapier „GÉANT 2020“ gar von einer Welt allgegenwärtiger Konnektivität.

Diese Entwicklungen führen dazu, dass Lernende und Lehrende gleichermaßen hohe Anforderungen an die mobile Nutzung von Kommunikationsnetzen und Diensten stellen. Dies verlangt von dem Betreiber einer Kommunikationsinfrastruktur sowohl technische als auch administrative Unterstützung. Grundbaustein dieser Vernetzung, für Wissenschaftler und Studenten im Großraum München, ist das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN).

Münchner Wissenschaftsnetz

Das Münchner Wissenschaftsnetz versorgt alle Münchner Universitäten, Hochschulen und viele weitere Forschungseinrichtungen. Es wird zwar weiterhin als Münchner Wissenschaftsnetz bezeichnet, geht aber heute in seiner räumlichen Ausdehnung weit über die Stadt München hinaus. Derzeit werden gut 120.000 Nutzer in mehr als 540 Gebäudekomplexen über das MWN erschlossen. Neben einer hohen Bandbreite (derzeit 10 Gbit/s im Backbone und zum DFN/Internet) und einer flächendeckenden Versorgung wird der ausfallsichere Betrieb immer wichtiger. Zusätzlich zu dem primären Internetzugang über das Deutsche Forschungsnetz (DFN) gibt es einen redundanten Anschluss an den lokalen Provider M-net. Das Backbone-Netz wird von 12 Routern gebildet, an denen über kaskadierte Switches und über eine strukturierte Verkabelung die Nutzer versorgt werden. Gegenwärtig betreibt das LRZ knapp 1.300 Switches mit ins-





gesamt fast 90.000 Ports. Diese Basisinfrastruktur bildet das Fundament, auf dem die mobile Nutzung aufsetzen kann.

Mobile Nutzung von IT-Diensten

Die mobile Nutzung von IT-Diensten lässt sich durch die vier primären Mobilitätsformen, also Endgeräte-, Personen-, Dienst- und Sitzungsmobilität, charakterisieren.

Die Endgerätemobilität ist die Form, an die man primär denkt: Ein Nutzer ist in der Lage, sein Endgerät an verschiedenen Orten zu bewegen, aber auch ganz einfach „unterwegs“ zu nutzen. Ein klassisches Beispiel hierfür ist die Nutzung eines Smartphones, Tablet-Computers oder Laptops.

Die Personenmobilität umfasst die Möglichkeit eines Nutzers, seine Endgeräte zu wechseln, gleichzeitig aber seine Identität im Netz aufrechtzuerhalten. Es werden also die verschiedenen Geräte eines Nutzers unterstützt. Daraus leiten sich Fragen des Identitätsmanagements sowie Authentisierungsmechanismen ab, aber auch die technische Unterstützung für verschiedenste Gerätetypen und Betriebssysteme.

Die Dienstmobilität bedeutet, dass Dienste netz-, betreiber- und geräteübergreifend angeboten werden. Um beim Beispiel der Vorlesungsauf-

zeichnung zu bleiben, bedeutet dies, dass das Video (z. B. dessen Auflösung) an das gerade verwendete Gerät (z. B. Smartphone, Tablet oder Laptop) angepasst wird und aus verschiedenen Netzen und über verschiedene Provider erreichbar ist.

Sitzungsmobilität ist dann gegeben, wenn der Zustand eines Dienstes „eingefroren“ und auf andere Systeme verlagert werden kann. Um weiter beim Beispiel zu bleiben, könnte der Nutzer das Video auf seinem stationären Rechner starten, irgendwann dort anhalten und zur U-Bahn gehen, um es auf der Fahrt an genau der selben Stelle auf seinem Tablet fortzusetzen.

Das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) als Betreiber des Münchner Wissenschaftsnetzes unterstützt primär die Personen- und Gerätemobilität. Auf den ersten Blick erscheint dies sehr einfach; die technischen und administrativen Implikationen werden im Folgenden kurz beschrieben. Die beiden anderen primären Mobilitätsformen (Dienst- und Sitzungsmobilität) sind originär von den konkret genutzten IT-Diensten bestimmt und können dementsprechend nur vom Dienstbetreiber (i. d. R. den Hochschulen) unterstützt werden.

Gerätemobilität mit WLAN und Mobilfunk

Endgeräte mobil zu nutzen, ist technisch nur durch eine drahtlose Verbindung realisierbar, denn nur dann lässt sich das Gerät auch über nennenswerte Strecken bewegen. Hierzu betreibt das LRZ eine sehr große WLAN-Infrastruktur mit knapp 2.000 WLAN Access Points (APs) in gut 350 Gebäuden (Abb. 1). Während des Semesters sind auf den APs heute bis zu 7.700 Nutzer gleichzeitig aktiv (zum Vergleich: 2009 waren es 3.000, 2010 in der Spitze 4.500 Nutzer).

Auch bei den Geräten zeigt sich ein massiver Zuwachs: Während des Semesters sind innerhalb einer Woche mehr als 55.000 verschiedene Geräte im WLAN. Obwohl das LRZ damit innerhalb von Deutschland eine der größten WLAN-Installationen betreibt, gibt es bei weitem keine flächendeckende Versorgung. Derzeit können nur öffentliche Bereiche wie Hörsäle, Seminarräume, studentische Arbeitsräume, Bibliotheken, Cafeterien etc. mit WLAN versorgt werden. Bei den vielen Standorten und den teilweise schwierigen Gebäudestrukturen (Altbauten) müsste die Anzahl der Access Points um ein Vielfaches höher sein, um eine Vollversorgung anzubieten.

Neben WLAN unterstützen viele Geräte auch diverse Mobilfunk-Protokolle. Für seine Nutzer betreibt das LRZ daher einen Zugangspunkt, der

Abb. 1: Unkomplizierter Internetzugang: Standorte im Münchner Wissenschaftsnetz mit WLAN im Münchner Stadtgebiet.

als Corporate Data Access (CDA) bezeichnet wird. Geräte, die sich über Mobilfunk einbuchen, erhalten normalerweise eine Adresse aus dem Netz des entsprechenden Mobilfunkproviders. Eine Abschottung zu anderen Kunden oder dem Internet erfolgt in der Regel nicht. Wenn die Geräte jedoch über den CDA ins Netz gehen, erhalten sie, egal wo sie sich ins Mobilfunknetz einbuchen, eine private Adresse aus dem MWN, d. h. logisch befindet sich das Gerät innerhalb des MWN. Dies hat zwei Vorteile: erhöhte Sicherheit und die komfortablere Nutzung von Diensten. Die Geräte sind aus dem öffentlichen Internet oder von anderen mobilen Geräten im selben Mobilfunknetz nicht erreichbar; dies bedeutet einen Sicherheitsgewinn. Außerdem sind so Dienste, die auf das MWN beschränkt sind (z. B. bestimmte Vorlesungsaufzeichnungen), nutzbar und alle Datenverbindungen werden über die Sicherheitssysteme (Intrusion Prevention Systeme) des LRZ geführt und abgesichert.

Abb. 2: Weltweit mobil: Übersicht über die Anzahl der Einrichtungen, die eduroam unterstützen.



Windows Phone. Sobald ein neuer Gerätetyp auf dem Markt erhältlich ist, taucht er auch im MWN auf, und kurz darauf gibt es die ersten Kundenanfragen zur Netznutzung mit diesem neuen Gerät.

Weltweit ins Internet: Education Roaming (eduroam)

Neben den oben beschriebenen Mobilitätsformen gibt es eine weitere Dimension: die inter- sowie die intraorganisationale Mobilität. Letztere bezeichnet die Mobilität innerhalb einer Organisation, die mit Hilfe der oben genannten Techniken gut realisierbar ist. Unter interorganisationaler Mobilität wird die Mobilität zwischen verschiedenen Organisationen verstanden. Insbesondere in Wissenschaft und Forschung ist dies eine sehr wichtige Nutzungsform. Hierfür gibt es im Rahmen einer internationalen Kooperation, dem so genannten eduroam, einen sehr eleganten Ansatz, der es Wissenschaftlern, Studierenden und Hochschulangehörigen erlaubt, an anderen (teilnehmenden) Hochschulen und Wissenschaftseinrichtungen das WLAN zu nutzen. Eduroam steht für Education Roaming. Ein Nutzer im eduroam-Verbund authentisiert sich, egal wo er sich befindet, immer bei seiner Heimorganisation mit seiner Heimatkennung und seinem Passwort. Die dafür notwendige Netzverbindung zur Heimorganisation erfolgt verschlüsselt, d. h. eine potentiell böswillige Gastorganisation ist nicht in der Lage, Kennung oder Passwort mitzulesen. Bei einer erfolgreichen Authentisierung benachrichtigt die Heimorganisation die Gastorganisation, und diese schaltet daraufhin den Netzzugang für das entsprechende Gerät frei. Das LRZ beteiligt sich mit dem MWN flächendeckend und mit allen APs am eduroam-Verbund; reisende Wissenschaftler aus anderen Universitäten können das MWN also für den Zugang ins Internet nutzen.

Personenmobilität und Gerätevielfalt

Die Personenmobilität, also die Möglichkeit eines Nutzers, seine Geräte zu wechseln bzw. mehrere (und verschiedene) Geräte gleichzeitig zu nutzen, ist heute die Regel. Für den Betreiber eines großen Netzes bedeutet dies, dass nach Möglichkeit und Kundenwunsch auch alle diese Geräte netztechnisch unterstützt werden sollen. Dies umfasst u. a. die Unterstützung bei der Client Software (z. B. VPN-Client), die Konfiguration (z. B. über vordefinierte Profile) sowie die Unterstützung der Nutzer im Rahmen des Servicedesks. Im konkreten Fall werden im MWN weit über 20 verschiedene Systeme unterstützt. Bei Laptops mit den diversen Betriebssystemen ist die Unterstützung drahtloser Netze sehr gut, auch gut dokumentiert und in gewissem Sinn ähnlich. Anders sieht es bei den Mobiltelefonen mit WLAN-Unterstützung aus. Hier hat fast jede Geräteklasse ein eigenes Betriebssystem, das sich völlig von anderen unterscheidet. Hierfür Unterstützung zu bieten, ist auch im Hinblick auf die Gerätevielfalt mit großem Aufwand verbunden. Zum Teil wird dann in enger Abstimmung mit Nutzern eine Dokumentation erstellt. So gibt es derzeit beispielsweise Dokumentationen für folgende Smartphones: Android, Bada, Blackberry, iOS-Geräte, Symbian, Windows Mobile und

Diese Möglichkeit besteht umgekehrt natürlich auch für Münchner Nutzer, die andere Universitäten im In- und Ausland besuchen. Derzeit sind allein in Deutschland über 300 Standorte mit mehr als 40.000 Access Points im eduroam-Verbund vertreten. Ursprünglich als europäische Initiative gestartet, ist eduroam mittlerweile weltweit im Einsatz und nutzbar. Einen Überblick über die Anzahl der weltweit teilnehmenden Organisationen gibt Abbildung 2.

Sicherheitsmanagement für mobile Nutzung

Eduroam ist für den Nutzer eine echte Erleichterung. Er konfiguriert eduroam einmal auf seinem Gerät und kann dann bei jedem eduroam-Partner seinen Laptop aufklappen und ist unmittelbar im Netz. Die Vorteile dieser mobilen Nutzung (sehr einfacher und problemloser Netzzugang auch bei verschiedenen Organisationen) können sich für den Betreiber jedoch schnell zum Problem entwickeln. Bei privaten Geräten und Geräten von Gästen ist nicht bekannt, welches Sicherheitsniveau sie haben und wie sie gepflegt und aktualisiert werden. Das bedeutet: Als Betreiber muss man damit leben können, immer einen gewissen Anteil infizierter Systeme oder Schadsoftware im Netz zu haben. Dies hat Auswirkungen auf die Bearbeitung von Missbrauchsfällen (Abuse-Bearbeitung) und es bedarf spezifischer Sicherheitssysteme. Mit Schadsoftware infizierte Rechner versuchen oft automatisch, weitere Systeme im selben Netz oder im Internet anzugreifen. Nachdem Gäste im eduroam eine Adresse aus dem MWN erhalten, wird der Angreifer auch dem MWN zugordnet, denn die für den Angriff verwendete Adresse ist auf das LRZ registriert. Die Administratoren der fremden angegriffenen Systeme melden den Vorfall entsprechend über eine Mailingliste (abuse@lrz.de). Im MWN wird dann ein Sicherheitssystem benötigt, um Angriffe aus dem MWN heraus möglichst effektiv zu erkennen und im Normalfall vollautomatisch zu verhindern.

Zu diesem Zweck hat das LRZ ein Intrusion Prevention System (IPS) mit der Bezeichnung Secomat entwickelt. Der Verkehr aus den eduroam- und WLAN-Netzen wird, für den Nutzer nicht erkennbar, über den Secomat geleitet und dort analysiert. Auf Basis verschiedener Heuristiken ist das System in der Lage, Angriffe zu erkennen, und kann den verursachenden Verkehr automatisch sperren. Der Verursacher wird auf eine Webseite umgeleitet, auf der ihm erklärt wird,

warum er gesperrt wurde und wo er sich z. B. einen Virensch scanner laden kann. Der redundant und ausfallsicher ausgelegte Secomat ist ein sehr erfolgreiches Sicherheitssystem. So kommt es oft vor, dass gesperrte Nutzer erst durch diesen Hinweis bemerkt haben, dass ihr System infiziert war, und sich bedanken.

Sollte trotzdem ein Angriff aus dem MWN ins Internet erfolgreich sein, muss der Verursacher im Rahmen der Abuse-Bearbeitung ermittelbar sein. Im Fall von eduroam geschieht dies über eine enge Kooperation mit der Heimatorganisation des eduroam-Benutzers, der den Angriff verursacht hat.

Zusammenfassung und Ausblick

Die mobile Nutzung im MWN hat in den letzten Jahren sehr stark zugenommen und wird in der näheren Zukunft sicher noch weiter zunehmen. Das MWN unterstützt die mobile Nutzung technisch durch ein sehr großes WLAN-Netz und den Betrieb eines CDA. Mit WLAN werden die öffentlichen Bereiche versorgt. Auch wenn der Wunsch nach einer flächendeckenden Versorgung immer wieder geäußert wird, ist dies bei der Gebäudestruktur der Universitäten und der großen Ausdehnung des MWN derzeit nicht finanzierbar. Für die mit der Mobilitätsunterstützung zusammenhängenden betrieblichen Herausforderungen und Sicherheitsfragen wurden adäquate Lösungen gefunden und umgesetzt. Durch Teilnahme am eduroam-Verbund ist für reisende Wissenschaftler oder Hochschulangehörige eine Netznutzung bei anderen eduroam-Partnern weltweit problem- und kostenlos möglich. ■

DER AUTOR

PD Dr. Helmut Reiser leitet die Abteilung Kommunikationsnetze am Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Literatur und WWW

H.-G. Hegering, A. Läßle, H. Reiser: Kommunikationsstrukturen in einer pervasiven Lehr- und Lernumgebung. In: *Information Technology* 51, 1 (Februar 2009), S. 24–31

European Commission: Knowledge without Borders – GÉANT 2020 as the European Communication Commons; Report of the GÉANT Expert Group, Brussels, October 2011, <http://cordis.europa.eu/fp7/ict/e-infrastructure/docs/geg-report.pdf>

Wie funktioniert WLAN im Münchner Wissenschaftsnetz? www.lrz.de/services/netz/mobil/wireless/

Was ist eduroam? www.eduroam.org/

eduroam in Deutschland: <http://airoserv4.dfn.de/>

eduroam weltweit: www.eduroam.org/?p=where

Wie kann ich eduroam einrichten?

www.lrz.de/services/netz/mobil/eduroam/

Schwerer Einstieg ins Berufsleben

Gerade junge Menschen und Berufsanfänger sind heute wachsender Beschäftigungsunsicherheit ausgesetzt, wie langfristige Studien über die Flexibilisierung des deutschen Arbeitsmarktes seit Mitte der 1980er Jahre zeigen – auch dies ist ein Grund für die niedrige Geburtenrate in Deutschland.

VON HANS-PETER BLOSSFELD UND SANDRA BUCHHOLZ

EINE DAUERHAFTE, stabile Beschäftigung ist im deutschen Wohlfahrtsstaatsmodell für Individuen eine wichtige Quelle der sozialen Absicherung, der sozialen Teilhabe und der sozialen Anerkennung. Der „Arbeitsplatzbesitz“ ermöglicht dem Einzelnen durch das Einkommen nicht nur den Zugang zu Gütern und Dienstleistungen, sondern beeinflusst im System der Sozialversicherung auch das Niveau der sozialen Sicherung im Falle von Nichterwerbstätigkeit. Der Zugang zum Arbeitsmarkt und zu einer stabilen Beschäftigung ist in Deutschland also ein sehr wichtiges Merkmal, wenn soziale Ungleichheiten und soziale Teilhabechancen beurteilt werden sollen.

Im internationalen Vergleich gilt Deutschland heute noch immer als relativ regulierter Arbeitsmarkt. Der Beschäftigungsflexibilität wird eher eine untergeordnete Rolle zugeschrieben. In der Tat zeigt sich anhand von international vergleichbaren Indikatoren, dass sich Deutschland weiterhin durch einen überdurchschnittlichen Kündigungsschutz auszeichnet. Dies täuscht jedoch darüber hinweg, dass die institutionellen Regelungen des deutschen Wirtschaftssystems Ungleichheiten systematisch fördern und zu einer Spaltung am Arbeitsmarkt führen: in die sog. Insider – also die „Arbeitsplatzbesitzer“ – und Outsider – d. h. Personen, die nicht oder noch nicht lange erwerbstätig sind. Die Gruppe der Outsider ist dabei überproportional Arbeitsmarktrisiken ausgesetzt, während die Insider weitgehend vor Beschäftigungsrisiken geschützt werden. Zu den Outsidern gehören neben Frauen nach einer Familienunterbrechung und Arbeitslosen typischerweise auch junge Menschen, die erst in den Arbeitsmarkt eintreten.

Institutionelle Rahmenbedingungen und ihre Veränderung

In den 1960er und frühen 1970er Jahren war flexible, unsichere Beschäftigung am deutschen Arbeitsmarkt weitgehend unbekannt. Es herrschten wirtschaftliche Dynamik, Wachstum und Vollbeschäftigung. Da Arbeitskräfte relativ knapp waren und das Wirtschaftswachstum stabil, hatten Arbeitgeber in dieser Zeit ein Interesse daran, Mitarbeiter langfristig an sich zu binden. Vor allem durch die Herausbildung interner Arbeitsmärkte, die Beschäftigten nicht nur eine hohe Erwerbssicherheit, sondern – durch interne Karriereleitern – auch gute Aufstiegschancen bieten, wurde von unternehmerischer Seite versucht, Anreize zu schaffen, Beschäftigte langfristig an den Betrieb zu binden. Auch das Modell des „Rheinischen Kapitalismus“ mit seiner Sozialpartnerschaft zwischen Gewerkschaften und Arbeitgebern und der starken staatlichen Regulierung wirtschaftlichen Handelns durch ein umfassendes institutionelles Rahmengerüst (z. B. durch den relativ gut ausgebauten Kündigungsschutz und die hohen Kosten bei Kündigungen) hat die langfristige und vertrauensbasierte Austauschbeziehung zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmern in dieser Zeit gefördert.





offenem Beschäftigungssystem ist der (Wieder-)Eintritt in die Erwerbstätigkeit mit deutlich größeren Schwierigkeiten verbunden. Sichtbar wird dies z. B. an einem deutlich höheren Risiko von Langzeitarbeitslosigkeit in Deutschland. Insgesamt wird hier institutionell also eine Spaltung des Arbeitsmarktes in Insider und Outsider gefördert. Ein Beispiel zur Verdeutlichung dieses Dualismus ist, dass die Dauer der Firmenzugehörigkeit den Kündigungsschutz ganz allgemein, aber auch bei Massenentlassungen erhöht. Zudem werden das Alter und die Familiensituation bei der Aufstellung von Sozialplänen einbezogen. Dies alles sind Merkmale, die generell eher auf ältere und damit in der Regel am Arbeitsmarkt etablierte, meist männliche Erwerbstätige zutreffen und weniger auf junge Berufsanfänger sowie wieder ins Erwerbsleben eingestiegene Arbeitnehmer.

Abb. 1: Wie gelingt jungen Menschen der Einstieg ins Berufsleben? Empirische Studien belegen eine wachsende Beschäftigungsunsicherheit.

Zugleich zeichnete sich der typische Erwerbsverlauf auch dadurch aus, dass er hochgradig standardisiert war: An den Ausbildungsabschluss schloss sich in der Regel ein unmittelbarer Übergang in ein stabiles, gut abgesichertes Vollzeitverhältnis an, das sich auf einen oder wenige Arbeitgeber konzentrierte und lebenslang angelegt war, bevor der Übergang in den Ruhestand erfolgte.

Diese Darstellung darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Zusage von Beschäftigungssicherheit in Deutschland nie gleich verteilt war. Sowohl die institutionellen Regelungen des deutschen Wirtschaftssystems, insbesondere der gesetzliche Kündigungsschutz, als auch die Herausbildung interner Arbeitsmärkte hatten zur Folge, dass sich ein relativ geschlossenes Beschäftigungssystem herausbilden konnte. In solchen Beschäftigungssystemen werden auf der einen Seite die „Arbeitsplatzbesitzer“ geschützt, auf der anderen Seite diejenigen benachteiligt, die nicht erwerbstätig oder noch nicht lange erwerbstätig sind. Im Vergleich zu Ländern mit

Es lässt sich allerdings festhalten, dass durch das hohe Wirtschaftswachstum und die Arbeitskräfteknappheit in den Jahren des Wirtschaftswunders relativ viele Beschäftigte in den Genuss der Vorteile dieses Systems kamen und die Zusage von Beschäftigungssicherheit durch den umfassenden Ausbau interner Arbeitsmärkte auf den Großteil der Arbeitnehmer ausgeweitet wurde. Auch die Outsider des Arbeitsmarktes und die Beschäftigten auf den sekundären Arbeitsmärkten profitierten von den hohen Wachstumsraten, da es relativ einfach war, wieder eine neue Beschäftigung zu finden. Dies hat sich jedoch mit dem Ende des klassischen Industriezeitalters und den steigenden Arbeitslosenquoten seit dem Ende der 1970er Jahre enorm verändert. Die Unsicherheiten über künftige (Markt-)Entwicklungen haben sich seither für Unternehmen deutlich erhöht und Betriebe versuchen seit den 1990er Jahren immer mehr, Beschäftigungsverhältnisse zu flexibilisieren und so Marktrisiken auf Arbeitnehmer abzuwälzen.

Durch den aufgezeigten institutionellen Kontext des deutschen Beschäftigungssystems ist davon auszugehen, dass insbesondere die Outsider des Arbeitsmarktes und damit auch junge Erwachsene beim Übergang ins Erwerbsleben wachsenden Risiken und Probleme begegnen, während die etablierten männlichen Arbeitskräfte in der mittleren Lebensphase, also die Insider, weiter

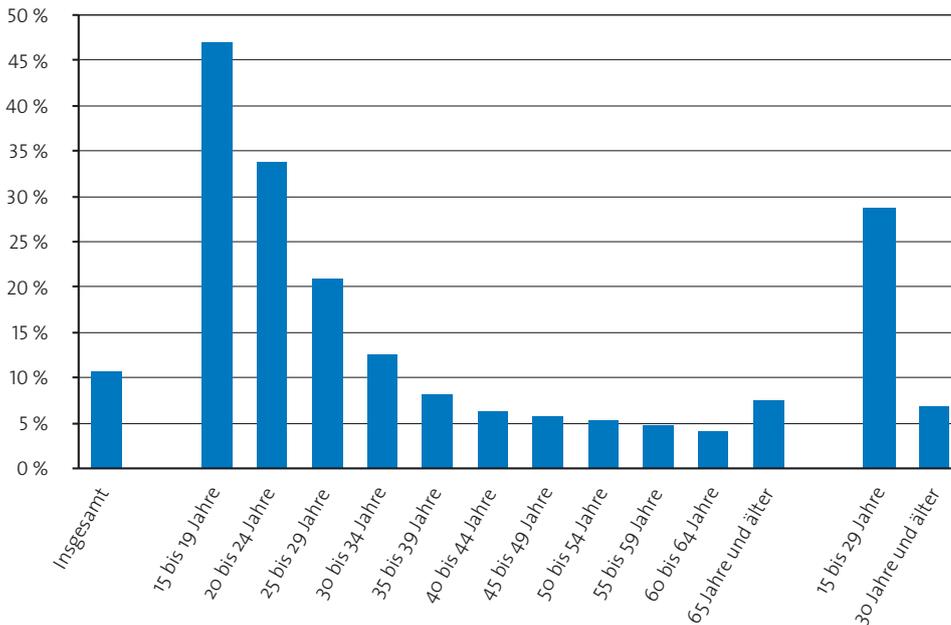


Abb. 2: Befristete Arbeitsverträge unter abhängig Erwerbstätigen (ohne Auszubildende) in der Bundesrepublik Deutschland, nach Altersgruppen – beispielhaft für das Jahr 2010.

relativ umfassenden Schutz genießen. In der Tat zeigen international vergleichende empirische Studien, dass Männer in der mittleren Erwerbskarriere in der jüngeren Vergangenheit keine bzw. kaum eine Verschlechterung ihrer Situation am deutschen Arbeitsmarkt erfahren haben. Sie genießen weiterhin sehr hohe Erwerbssicherheit und -kontinuität.

Neben dieser bereits seit langem existierenden strukturellen Benachteiligung von Outsidern und jungen Erwachsenen am deutschen Arbeitsmarkt kommt seit Mitte der 1980er Jahre noch hinzu, dass die Deregulierung von Beschäftigung systematisch bereits benachteiligte Arbeitsmarktgruppen trifft. Insbesondere junge Erwerbstätige haben eine weitere deutliche Schwächung ihrer Position am Arbeitsmarkt und eine Verschlechterung ihrer Startposition beim Übergang ins Erwerbsleben erlebt. War es Arbeitgebern zuvor nicht erlaubt, befristete Arbeitsverhältnisse auszustellen, nur weil sie sich unsicher über die künftige wirtschaftliche Entwicklung des Betriebes waren, so änderte sich dies ab 1985 mit dem Beschäftigungsförderungsgesetz: Nun wurden die Möglichkeiten befristeter Beschäftigung stark erweitert, seither bedarf es für einen befristeten Arbeitsvertrag keiner sachlichen Begründung mehr von Seiten des Arbeitgebers.

Diese Deregulierung betrifft vor allem die Gruppe der jungen Erwerbstätigen und Bildungsabgänger, denn von Anfang an beschränkte sie sich nach § 1 des Beschäftigungsförderungsgesetzes auf Neueinstellungen sowie die Übernahme von Auszubildenden. Dass befristete Beschäftigung systematisch jüngere Arbeitnehmer trifft, zeigt sich, wenn man die Verbreitung von befristeter Beschäftigung in Deutschland nach Altersgruppen betrachtet: Insgesamt waren 2010 etwa 11 % der abhängig Erwerbstätigen in Deutschland befristet beschäftigt – unbefristete Beschäftigung war also eigentlich, wenn man die Gesamtheit der abhängig Erwerbstätigen in den Blick nimmt, der Normalfall (Abb. 2). Bei den

Unter-20-Jährigen waren jedoch 2010 knapp 47 % befristet beschäftigt. In den folgenden beiden Altersgruppen der 20- bis 24-Jährigen und der 25- bis 29-Jährigen sinkt dieser Anteil zwar auf rund 34 % und 21 %, bleibt aber weiterhin überdurchschnittlich. Insgesamt waren 2010 28 % der abhängig Erwerbstätigen unter 30 Jahren in einem befristeten Arbeitsverhältnis tätig. Dieser Anteil ist viermal so hoch wie bei Über-30-Jährigen, unter denen nur weniger als 7 % befristet beschäftigt sind.

Empirische Befunde zur ersten Erwerbstätigkeit

Wie sieht die Situation von jungen Menschen aus, wenn sie das (Aus-)Bildungssystem verlassen haben? Unsere Forschungen zeigten, dass in allen untersuchten Eintrittskohorten Hochschulabschlüsse und eine berufliche Ausbildung im dualen Ausbildungssystem die Einstiegschancen von jungen Menschen in Deutschland deutlich erhöhen. Diejenigen, die keine berufliche Ausbildung absolviert haben, haben die größten Schwierigkeiten, überhaupt ins Erwerbsleben einzusteigen. Dieses Ergebnis bestätigt die Bedeutung des dualen Ausbildungssystems als Brücke zum Arbeitsmarkt in Deutschland. Jedoch zeigt sich im Kohortenvergleich, dass Berufsabschlüsse des dualen Ausbildungssystems seit Mitte der 1980er Jahre eine Abwertung erfahren haben: In der Kohorte 1984 bis 1989 bildeten Absolventen des dualen Ausbildungssystems – unabhängig von der Höhe ihres Schulabschlusses – noch eine homogene Gruppe mit jungen

Menschen mit Universitäts- oder Fachhochschulabschluss. Ab der Kohorte 1990 zeigen sich Unterschiede zwischen Hochschulabsolventen und jungen Menschen, die die Hauptschule besucht haben und über eine berufliche Ausbildung verfügen. Dagegen hatten junge Menschen mit mittlerer Reife oder Abitur sowie beruflicher Ausbildung noch immer vergleichbar gute Chancen beim Arbeitsmarkteinstieg wie Hochschulabsolventen. Bei den jüngsten Eintrittskohorten bietet die erfolgreiche Teilnahme im dualen Bildungssystem insgesamt – unabhängig von der Höhe des Schulabschlusses – nicht mehr die gleichen Chancen beim Erwerbseinstieg wie ein Hochschulabschluss. Sowohl Hauptschüler mit Lehre als auch Realschüler oder Abiturienten mit beruflichem Ausbildungszertifikat brauchen bedeutend länger bis zum Beginn der ersten Berufstätigkeit als Höchstqualifizierte. Somit zeigen sich in der Bundesrepublik Deutschland seit Mitte der 1980er Jahre eine zunehmende Bedeutung von (höchster) Bildung und eine zunehmende Stratifizierung von Arbeitsmarkteinstiegchancen.

Qualität des Erwerbseinstiegs

Wie ist aber die Qualität der Beschäftigung, wenn es jungen Menschen in Deutschland gelungen ist, den Einstieg in den geschlossenen Insider/Outsider-Arbeitsmarkt zu finden? Seit 1994 haben Bildungsabsolventen ein signifikant höheres Risiko, in der ersten Anstellung nur befristet beschäftigt zu sein. Weiterhin wird deutlich, dass Probleme beim Erwerbseinstieg dazu führen, dass junge Menschen (nur) ein flexibles Beschäftigungsverhältnis finden. Je länger Bildungsabgänger brauchen, um eine erste Stelle zu finden, desto höher ist das Risiko von befristeter Beschäftigung. Die Chancen auf einen stabilen Einstieg ins Erwerbsleben sinken also mit zunehmender Suchzeit.

Dass sich gerade junge Menschen immer häufiger mit einem unsicheren befristeten Arbeitsvertrag konfrontiert sehen, wird auch deutlich, wenn man einen Blick auf die generelle Verbreitung befristeter Beschäftigung in Deutschland seit 1985 wirft (Abb. 3). Betrachtet man alle abhängig Erwerbstätigen, so ist der Anteil derjenigen mit befristetem Arbeitsvertrag zwischen 1985 und 2010 nur um knapp vier Prozentpunkte

von 7 auf 11 % gestiegen. Unter jungen Erwerbstätigen ist das Risiko befristeter Beschäftigung jedoch um ein Vielfaches höher. Im Vergleich zu Über-30-Jährigen sind unter-30-jährige Arbeitnehmer weit überproportional von befristeter Beschäftigung betroffen. Der Anteil befristeter Arbeitsverträge ist 2010 unter jungen Erwerbstätigen viermal so hoch wie unter älteren Erwerbstätigen (27,6 % im Vergleich zu 6,8 %).

Zusätzlich wird an Abbildung 3 deutlich, dass Befristungen seit Mitte der 1980er Jahre bei den beiden Altersgruppen unterschiedlich stark zunahm. Im Jahr 1985 waren rund 15 % der Unter-30-Jährigen befristet beschäftigt, im Jahr 2010 waren es fast 28 %. Damit ist für diese Altersgruppe zwischen 1985 und 2010 fast eine Verdoppelung zu verzeichnen. Ein beträchtlicher Teil der jungen Erwerbstätigen ist also heute der Unsicherheit ausgesetzt, ob sie auch künftig über einen Arbeitsplatz und damit ein Einkommen verfügen. Zwar zeigt sich auch für Über-30-Jährige ein Zuwachs befristeter Arbeitsverträge zwischen 1985 und 2010, jedoch ist befristete Beschäftigung hier weiter eine Ausnahme: Knapp 93 % der über-30-jährigen Erwerbstätigen sind in einem unbefristeten Arbeitsvertrag tätig.

Verschiedene empirische Studien haben herausgearbeitet, dass befristete Beschäftigung an beiden Enden der Bildungshierarchie verbreitet ist. Dieser Befund mag auf den ersten Blick widersprüchlich wirken. Es muss jedoch für die Beurteilung befristeter Beschäftigung hinzugefügt werden, dass diese flexible Beschäftigungsform für Hochqualifizierte in der Regel nicht als unsicher charakterisiert werden kann. Für sie stellen befristete Verträge vielmehr ein gängiges Instrument zur Aushandlung und Erhöhung von Löhnen dar. Dagegen sind für gering- und unqualifizierte Befristungen nicht als freiwillig eingegangenes Arbeitsverhältnis, sondern als unsichere Beschäftigungsform zu bewerten.

Frühe Karriereprozesse

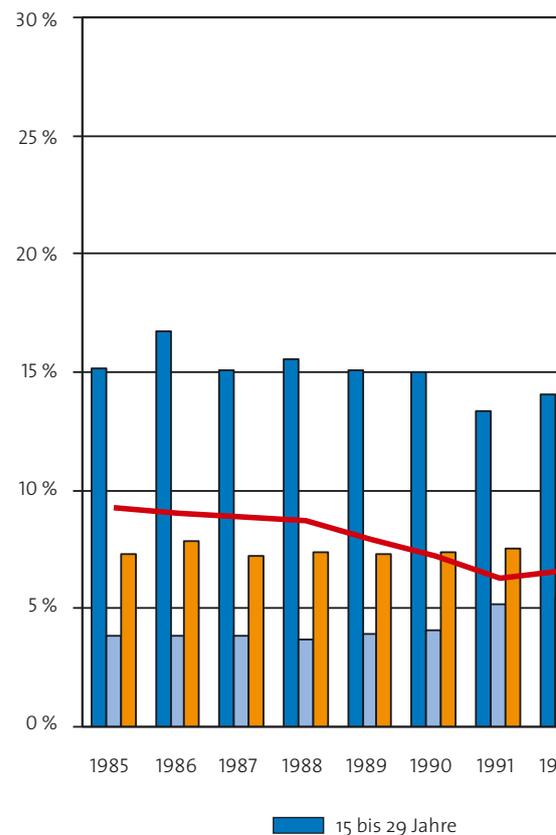
Im letzten Schritt steht die Frage im Mittelpunkt, ob sich junge Menschen – sobald sie den Erwerbseinstieg erfolgreich gemeistert haben – sicher im Erwerbsleben etablieren können. Anhand unserer Längsschnittuntersuchungen können wir sagen, dass sie immer länger brauchen, um sich im Erwerbsleben sicher zu etablieren und vor Arbeitslosigkeit geschützt zu sein. Zwar nimmt in allen Kohorten das Arbeits-

DIE AUTOREN

Prof. Dr. Hans-Peter Blossfeld ist seit 2002 Lehrstuhlinhaber für Soziologie an der Universität Bamberg, seit August 2008 Geschäftsführender Direktor des Instituts für bildungswissenschaftliche Längsschnittforschung und Leiter des Nationalen Bildungspanels. Er beschäftigt sich v. a. mit der sozialen Ungleichheit, Schichtung und Mobilität, der Arbeitsmarktforschung, der Jugend-, Familien- und Bildungssoziologie sowie der Demographie. 2008 wählte ihn die Bayerische Akademie der Wissenschaften zum Mitglied.

Dr. Sandra Buchholz ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Soziologie I der Universität Bamberg und hat u. a. in den internationalen Projekten „GLOBALIFE: Life Courses in the Globalization Process“ und „flexCAREER: Flexibility Forms on the Labor Market“ geforscht. Derzeit ist sie u. a. im Projekt „eduLIFE: Education as a Lifelong Process“ tätig.

losigkeitsrisiko mit zunehmender Berufserfahrung ab, jedoch dauert es seit Beginn der 1990er Jahre zunehmend länger, bis sich die berufliche Karriere stabilisiert. Bei den älteren Eintrittskohorten gelang es jungen Erwerbstätigen mit befristetem Arbeitsverhältnis nach Auslaufen ihres Vertrages, eine Anschlussanstellung zu finden. Befristete Beschäftigung war also in der Vergangenheit oft ein „Sprungbrett“. Bei den jüngeren Eintrittskohorten hat sich dagegen gezeigt, dass die Befristung zum Teil zu einer „Falle“ geworden ist, da sie das Arbeitslosigkeitsrisiko bedeutend erhöht hat. Die berufliche Position beeinflusst dabei immer stärker, ob junge Erwerbstätige arbeitslos werden oder nicht. Waren in der ältesten Bildungsabschlusskohorte vor allem Un- und Angelernte von Arbeitslosigkeit betroffen, so sind es in den beiden jüngeren Bildungsabschlusskohorten zum Teil auch Inhaber von mittleren Berufspositionen. Insgesamt handelt es sich bei der Befristung in Deutschland aber nur um ein Moratorium: Früher oder später gelingt die berufliche Etablierung in einer Berufsposition mit Perspektive.



Literatur

H.-P. Blossfeld, S. Buchholz et al., *Young Workers, Globalization and the Labor Market. Comparing Early Working Life in Eleven Countries*, Edward Elgar, Northampton/MA 2008

H.-P. Blossfeld, E. Klijzing et al., *Globalization, Uncertainty and Youth in Society*, Routledge, London/New York 2005

H.-P. Blossfeld, M. Mills et al., *Globalization, Uncertainty and Men's Careers. An International Comparison*, Edward Elgar, Northampton/MA 2006

S. Buchholz, *Die Flexibilisierung des Erwerbsverlaufs. Eine Analyse von Einstiegs- und Ausstiegsprozessen in Ost- und Westdeutschland*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden 2008

E. Ebralidze, *Rising employment flexibility and young workers' economic insecurity. A comparative analysis of the Danish model of flexicurity*, Diss. Uni Bamberg 2010

Ch. Höhn, A. Ette et al., *Kinderwünsche in Deutschland. Konsequenzen für eine nachhaltige Familienpolitik*, Robert Bosch Stiftung, Stuttgart 2006

Schlussbemerkungen und Ausblick

Die Situation junger Erwachsener am deutschen Arbeitsmarkt hat sich seit Mitte der 1980er Jahre gewandelt. Es gibt bei den Berufseinsteigern deutliche Anzeichen wachsender Beschäftigungsunsicherheiten. Konkret äußert sich dies durch (1) Schwierigkeiten beim Übergang in eine qualifizierende Berufsausbildung für die gering Qualifizierten, (2) verlängerte Suchzeiten nach einer ersten Beschäftigung nach Verlassen des (Aus-)Bildungssystems, (3) zunehmende Risiken, zu Beginn des Erwerbslebens nur befristet beschäftigt zu sein, (4) erhöhte Risiken, in Folge einer befristeten Beschäftigung arbeitslos zu werden sowie (5) eine signifikante Verlängerung der Zeit, bis sich junge Erwerbseinsteiger nach Bildungsabschluss am Arbeitsmarkt sicher etablieren können.

Wie international vergleichende Studien zeigen, genießen dagegen die Insider des (deutschen) Arbeitsmarktes, nämlich die im Erwerbsleben etablierten männlichen Arbeitskräfte in der mittleren Lebensphase, weiter relativ umfassende Erwerbssicherheit und -stabilität. Insgesamt finden wir somit eine Verstärkung der schon früher existierenden Spaltung am deutschen

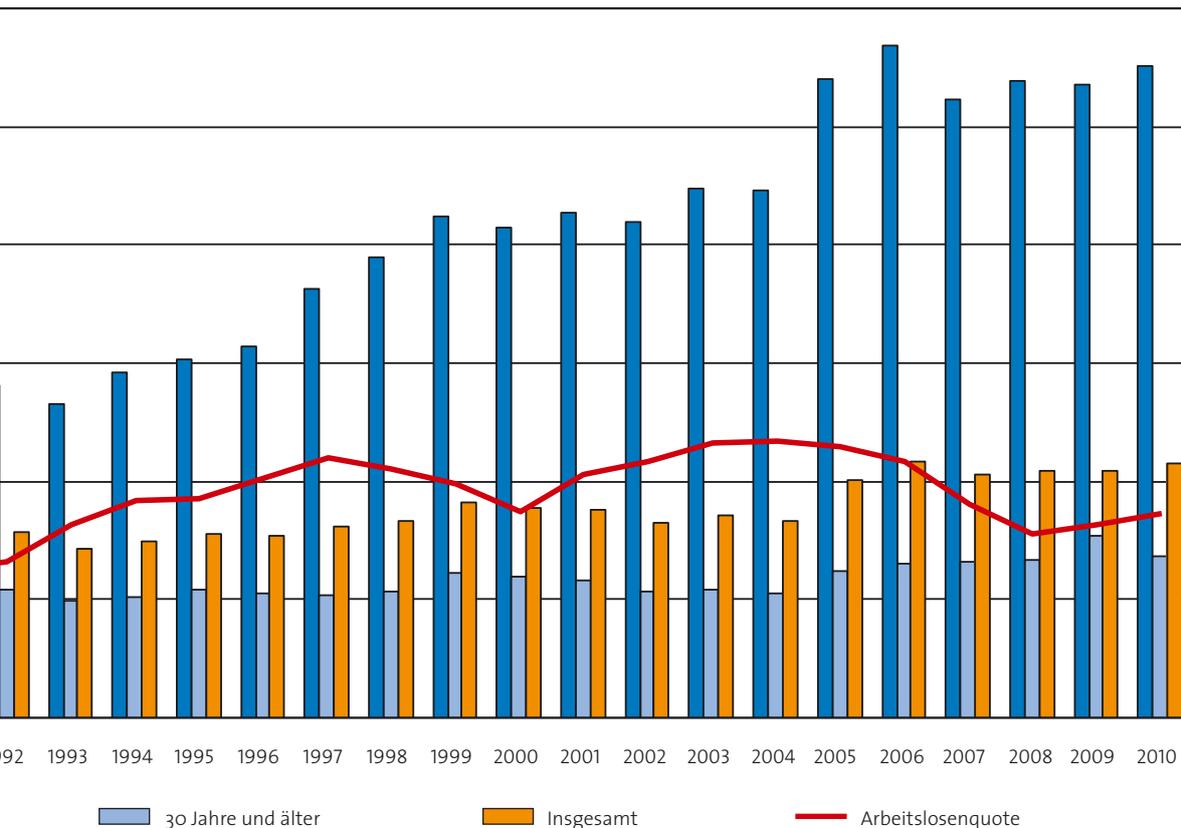


Abb. 3: Befristete Arbeitsverträge unter abhängig Erwerbstätigen (ohne Auszubildende) in der Bundesrepublik Deutschland; nach Altersgruppen und im Vergleich zur Arbeitslosenquote, 1985 bis 2010.

Anmerkung: Die Angaben beziehen sich auf das gesamte Bundesgebiet. Bis 1990 bilden sie also die Situation im früheren Bundesgebiet ab, ab 1991 umfassen sie auch die neuen Bundesländer.

Arbeitsmarkt in Insider und Outsider. In einem System wie dem deutschen ist aber der Zugang zu stabiler und sicherer Beschäftigung von zentraler Bedeutung. Die Bamberger Soziologin Ellen Ebralidze konnte 2010 in ihrer empirischen Arbeit aufzeigen, dass sich die „objektive“ Verschlechterung der Arbeitsmarktsituation junger Erwachsener in Deutschland auch in ihrem „subjektiven“ Empfinden widerspiegelt. 20 % der jungen Erwerbstätigen halten ihren Job nicht für sicher, über 40 % geben an, dass sie sich Sorgen machen, ihren Job zu verlieren. Diese Zahlen zeigen, dass junge Erwachsene ihre Lage durchaus sorgenvoll wahrnehmen und ihre flexible Beschäftigung nicht als wünschenswert empfinden.

International vergleichende Forschungen konnten herausarbeiten, dass die verschlechterte Arbeitsmarktsituation unter jungen Erwachsenen weitreichende Folgewirkungen hat. So haben wir 2005 nachgewiesen, dass sich Beschäftigungsunsicherheit negativ auf das Eingehen von Partnerschaften und auf die Geburt von Kindern auswirkt. Teilzeitarbeit und Arbeitslosigkeit führen bei Männern etwa dazu, dass die Familiengründung bedeutend nach hinten

verschoben wird. Dabei hat der Erwerbsstatus sogar einen stärkeren Einfluss auf das Aufschieben von Elternschaft als das Bildungsniveau. Wie wichtig ein sicherer Arbeitsplatz für Elternschaft ist, zeigt sich anhand einer von der Robert Bosch Stiftung durchgeführten Befragung von in Partnerschaft lebenden 20- bis 49-jährigen Männern und Frauen in Deutschland. Demnach sind die eigene Arbeitsplatzsicherheit sowie die des Partners die beiden wichtigsten und meistgenannten Gründe, die angeführt werden, wenn es um die Frage „Kinder – ja oder nein?“ geht. In beiden Fällen geben weit über 50 % der befragten Männer und Frauen an, dass sie sich (weitere) Kinder nur dann vorstellen können, wenn sie eine sichere Position am Arbeitsmarkt innehaben.

Insgesamt steht damit die Strategie des deutschen Gesetzgebers zur Beschäftigungsflexibilisierung im starken Widerspruch zu dem Versuch, die niedrigen Geburtenraten zu steigern und die Alterung der deutschen Gesellschaft aufzuhalten. Solange die Auswirkungen von Arbeitsmarktflexibilisierung in Deutschland vor allem Erwerbseinsteigern aufgebürdet werden, scheint es fraglich, ob es dem Gesetzgeber gelingen wird, die Geburtenrate in Deutschland erfolgreich zu erhöhen und junge Menschen zu ermutigen, wieder (mehr) Kinder zu bekommen.

ABB.: MIKROZENSUS 1985 BIS 2010, STATISTISCHES BUNDESAMT WIESBADEN; EIGENE BERECHNUNGEN

Italische Ostgoten im bayerischen Voralpenland?

Forschungen zur Mobilität von Sachen und Personen im 5. und 6. Jahrhundert nach Christus.

VON VOLKER BIERBRAUER

MOBILITÄT GEHÖRT seit jeher zu den wichtigsten Forschungsfeldern in der vor- und frühgeschichtlichen Archäologie Alteuropas, meist zusammengefasst unter der Bezeichnung „Mobilität von Sachen und Personen“. Die vielen damit verbundenen Teilaspekte wurden immer wieder aufs Neue diskutiert – teils einvernehmlich, teils kontrovers.

Ausgangspunkte der Forschung zur Mobilität von Sachen und Personen sind in der Regel die Verbreitungskarten archäologisch verifizierbarer Sachgüter. Sie erklären sich jedoch nicht von alleine, sondern bedürfen vor allem in überregionaler Hinsicht einer überzeugenden Interpretation. Die Erklärungsmodelle konzentrieren sich, verkürzt formuliert, einerseits auf den Handel in seinen vielfältigen Ausprägungen und andererseits auf Sachgut, das eng an eine einzelne Person gebunden ist, etwa Kleidungszubehör.

Wie die Verbreitung solches Zubehörs über weit entfernte Räume verstanden werden darf, ist besonders umstritten. Dies gilt vor allem für Fibeln, die funktional und schmückend zur Kleidung gehörten. Hierauf konzentriert sich dieser Beitrag am Beispiel ostgotischer Fibeln nördlich der Alpen: Waren diese Fibeln Handelsobjekte oder manifestiert sich mit ihnen personengebundene Mobilität?

Tracht der Ostgotinnen im italischen Ostgotenreich

Zum italischen Ostgotenreich (488/489–552 n. Chr.) gehörten außer Italien mit Sizilien noch die Provinzen Noricum mediterraneum und Savia (im Wesentlichen das heutige Kärnten und Teile von Slowenien) sowie Dalmatia (Nordwestbalkan); Letztere gingen nach dem Ausbruch des



Abb. 1: Ein Bügelfibelpaar aus Reggio Emilia (Emilia-Romagna), silbervergoldet, 11,1 cm lang (oben), und eine Gürtelschnalle aus einem Fundort bei Desana (Piemont), silbervergoldet, mit einer Länge von 11,6 cm.



gotisch-byzantinischen Krieges (536/537), der auch zum Untergang des Ostgotenreiches führte, an Byzanz verloren.

Kennzeichnend für die ostgotische Frauentracht war die so genannte Peplostracht, also ein zweiteiliges, unter die Arme hochgezogenes, ärmelloses Gewand, dessen oberer Saum durch zwei gleiche Bügelfibeln (Abb. 1 oben) über den Schultern zusammengehalten wurde. Dazu ge-

hörte meist noch eine große Gürtelschnalle (Abb. 1 unten). Dieses Trachtzubehör wurde im italischen Ostgotenreich hergestellt und getragen (Abb. 2). Die formenkundliche und ornamentale Ausprägung der Bügelfibeln (Typen) ist zwar groß, aber durch eine Gemeinsamkeit gekennzeichnet: die rhombische Fußplatte, unterschiedlich gestaltet im Dekor und oft mit seitlichen Appliken (Raubvogel als Gesamtdarstellung oder als *pars pro toto*, wie etwa Abb. 4 rechts zeigt). Dies sei schon an dieser Stelle hervorgehoben, weil die Bügelfibeltypen in den merowingischen Siedlungsgebieten nördlich der Alpen völlig anders ausgeprägt waren und zudem auf andere Weise getragen wurden.

Ostgoten außerhalb ihrer *patria*?

Diese Frage führt bereits sehr konkret in die Problematik der Mobilität von Sachen und Personen: Sie erschließt sich durch einen Blick auf die Verbreitungskarten der Bügelfibeln vom ostgotischen Typ aus dem Ostgotenreich (Abb. 2; mit kartiert sind die Fundorte mit Gürtelschnallen wie Abb. 1 unten) im Vergleich mit jenen außerhalb davon (Abb. 3). Es fällt nämlich auf, dass diese in Italien hergestellten Feinschmiedearbeiten in großer Zahl auch in den merowingischen Siedlungsgebieten nördlich der Alpen vorkommen, so vor allem bei Franken, aber ebenso bei Alamannen, Thüringern und Burgundern. Hiervon wird im Folgenden nicht die Rede sein, so aufschlussreich die jeweilige Interpretation wäre. Der Fokus liegt auf dem bayerischen Alpenvorland.

Ostgoten im bayerischen Alpenvorland?

Mit dem bayerischen Voralpenland hat sich die Forschung seit alters her besonders intensiv befasst, und dies nicht ohne Grund: Erstens finden sich hier auf vergleichsweise engem Raum die meisten Fundorte mit Bügelfibeln vom ostgotischen Typ (Abb. 3), insbesondere mit mehreren Exemplaren in einigen Nekropolen, z. B. in Alten-Exending und in Straubing-Bajuwarenstraße jeweils in sechs Gräbern. So verwundert es zweitens nicht sonderlich, dass dieser auffallende Befund stets mit historisch relevanten Fragestellungen verknüpft wurde, d. h. ob sich damit vielleicht eine Zugehörigkeit des nordalpinen Teiles der ehemaligen römischen Provinz Raetia II zum italischen Ostgotenreich erschließen lasse mit einer Nord-„Grenze“ an der Donau, vor allem zur Zeit Theoderichs (†526). Drittens führt all dies zugleich in das auch methodologisch relevante Spannungsfeld zwischen den Aussagemöglichkeiten und Grenzen der Archäologie und denen

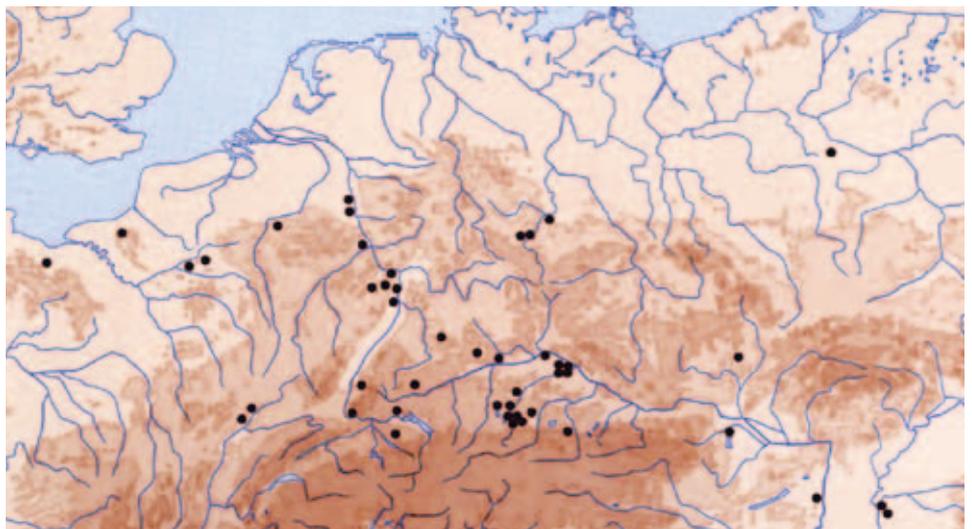


Abb. 2: Verbreitung ostgotischer Grabfunde in den Grenzen des Ostgotenreiches (links).



Abb. 3: Verbreitung der Bügelfibeln vom ostgotischen Typ nordwärts der Alpen.

der Geschichtswissenschaft, also in den fächerübergreifenden Diskurs: Ohne dies näher ausführen zu können, ist aufgrund der Schriftquellen klar, dass zunächst West- und dann Ostrom *staatsrechtlich* zu keiner Zeit auf die gesamte Provinz Raetia II verzichtet hatten, auch nicht Theoderich nach 489 anstelle der oströmischen Kaiser (Zenon, Anastasius I., Justinus I.). Umstritten blieb aber, ob das bayerische Voralpenland *de facto* zum Ostgotenreich gehörte, es also seine Machtansprüche hier durchsetzen konnte. Die wenigen Schriftquellen geben hierauf keine eindeutige Antwort.

DER AUTOR

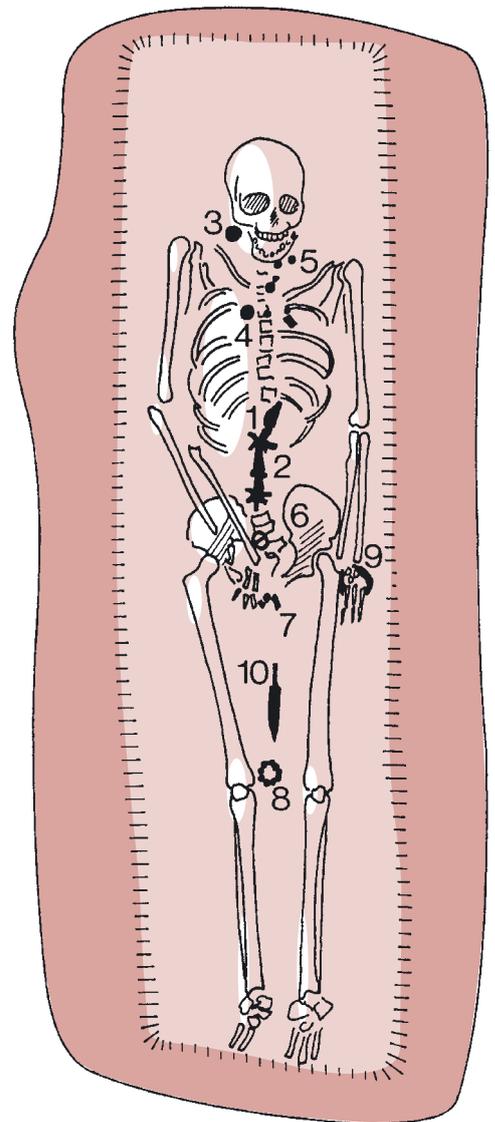
Prof. Dr. Volker Bierbrauer hatte bis zu seiner Emeritierung 2006 den Lehrstuhl für Vor- und Frühgeschichte an der LMU München inne. Er ist Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und Vorsitzender ihrer Kommission zur vergleichenden Archäologie römischer Alpen- und Donauländer. Zu dem hier vorgestellten Forschungsthema veröffentlichte er u. a. die Akademieabhandlung „Ethnos und Mobilität im 5. Jahrhundert aus archäologischer Sicht: Vom Kaukasus bis nach Niederösterreich“ (2008).

Der archäologische Befund und seine Interpretationsmöglichkeiten

Der kleinste gemeinsame und unstrittige Nenner ist, dass Bügelfibeln aus dem ostgotischen Italien in auffallend großer Zahl ins bayerische Voralpenland gelangten und somit auch, dass zwischen diesem Gebiet und Italien enge Kontakte bestanden haben müssen. Kann der Archäologe sie spezifizieren?

Die eine Möglichkeit ist, wie eingangs erwähnt, dass die große Zahl an Bügelfibeln auf dem Handelswege aus Italien ins bayerische Voralpenland gelangte. Hiervon gehen, vor allem in jüngster Zeit, einige Archäologen aus. Die diesbezügliche Argumentation verweist vor allem darauf, dass mittlerweile mehr Exemplare „ostgotischer“ Bügelfibeln im bayerischen Voralpenraum gefunden wurden als in Italien selbst, was richtig ist. Nur: Hierbei wird völlig übersehen, dass die Auffindungschancen hier wie dort völlig unterschiedlich sind, weil es sich im ostgotischen Italien in der Regel nur um schwer auffindbare Bestattungen einer Oberschicht in Einzelgräbern und kleinen Familiengrablagen handelt, nördlich der Alpen, so auch in Bayern, hingegen um große sog. Reihengräberfelder. Folglich gibt es hier ein ungleich dichteres Fundstellennetz. Aus der Häufigkeit „ostgotischer“ Bügelfibeln im bayerischen Alpenvorland lässt sich somit nicht zwingend darauf schließen, dass es Handelsobjekte waren. Um nur einen Aspekt herauszugreifen: Warum und auf welche Weise hätten sich zum Beispiel Angehörige aus der Siedelgemeinschaft von Altenerding ihnen fremdes Trachtzubehör aus Italien beschaffen sollen?

Im Gegensatz zu dieser Theorie sind die Archäologen meistens jedoch der Ansicht, dass eng mit der Person verbundenes Bekleidungs- bzw. Trachtzubehör, insbesondere Bügelfibeln, nicht über weite Strecken gehandelt wurde – so auch der Autor dieses Beitrages. Die „ostgotischen“ Bügelfibeln waren vielmehr mit ihren Trägerinnen mobil und gelangten auf diese Weise aus dem ostgotischen Italien ins bayerische Voralpenland. Dennoch bleibt die Frage, warum es im bayerischen Voralpenland so viele waren, jedenfalls im Vergleich zu den anderen Siedlungsgebieten nördlich der Alpen; dort handelt es sich meist um ein einzelnes Grab mit einem „ostgotischen“ Bügelfibelpaar in einem Reihengräberfeld, was deswegen üblicherweise mit Exogamie, also Ausheirat, erklärt wird. Hier wie auch im bayerischen Voralpenland ist aber noch ein weiterer Befund zu bedenken, der in der Diskussion um die dingliche oder personale Mobilität eine Rolle spielt.

**Wurden aus Ostgotinnen im bayerischen Voralpenland „Einheimische“?**

Anders als in ihrer italienischen *patria* wurden die ostgotischen Migrantinnen in ihrer neuen Heimat nicht mehr in ihrer angestammten Peplostracht bestattet: Die Fibelpaare vom ostgotischen Typ finden sich bei der Grablegung nämlich im Beckenbereich und zwischen den Oberschenkeln, so wie in Altenerding, Grab 625 (Abb. 4 links, 1+2; Abb. 4 rechts 1+2). Sie wurden an einer vom Gürtel herabhängenden Schärpe getragen, zugleich auch mit Trägerfunktion für ein Amulettgehänge. Hinzu kommen nun auch noch Kleinfibelpaare unterschiedlicher Form im Hals- bzw. oberen Brustbereich zum Verschluss eines Umhanges oder Mantels (Abb. 4 links, 3+4; Abb. 4 rechts, 3+4), was in Italien zur Ostgotenzeit nicht üblich war.

Diese Kleidung ist insgesamt kennzeichnend für die merowingischen Siedlungsgebiete, so auch in Bayern, bis in die zweite Hälfte des 6. Jahrhunderts. Es liegt also der Schluss nahe, dass die Ostgotinnen schon zu Lebzeiten die andersartige Kleidung ihrer neuen Heimat übernahmen, also zumindest in diesem Punkt (teil-)akkulturiert waren – ein tiefer Einschnitt, weil er ja die Aufgabe der angestammten Tracht bedeutete. Dieser Kleiderwechsel hängt somit eng mit dem Problemfeld „Identität“ zusammen, das in jüngster Zeit verstärkt von Historikern und Archäologen erforscht wird. Gleichwohl – und dies ist erstaunlich – trugen diese Frauen aber weiterhin noch ihre „ostgotischen“ Fibeln, mithin das einzige Kriterium, das es dem Archäologen überhaupt erlaubt, sie tatsächlich noch als Ostgotinnen aus Italien erkennen zu können. Dieser erstaunliche Befund wird außer dem Häufigkeitsargument gerne benutzt, um die Handelstheorie zu stützen. Auch diese Sichtweise kann jedoch nicht überzeugen, setzt sie doch voraus, dass man dieses fremde Trachtzubehör für besonders attraktiv hielt und gerne erwarb. Aber warum? Hatten etwa Personenverbände aus dem bayerischen Voralpenland dieses in Italien kennen gelernt, erworben und waren damit in ihre Heimat zurückgekehrt, also eine umgekehrte Personenmobilität, wofür es archäologisch keine Anhaltspunkte gibt?

Den Leser mag an dieser Stelle verwundern, dass unter dem Stichwort „Ostgoten außerhalb ihrer *patria*“ nicht von ostgotischen Männern die Rede war. Diese sind jedoch nur schwer nachweisbar, weil ethnisch indizierende Marker – vergleichbar den Fibeln der Frauen – in ihren Gräbern fehlen.

Zum Schluss: Archäologie und Geschichte

Der archäologische Befund ist klar beschreibbar und nach meiner Meinung nur im Sinne von personaler Mobilität überzeugend interpretierbar, der historische (s. o.) hingegen nicht. Reicht Ersterer aus, um die Diskussion um die Nord-„Grenze“ des Ostgotenreiches zur Zeit Theoderichs zweifelsfrei zu entscheiden? Diese historisch relevante Frage führt in den schon angesprochenen Bereich über die Aussagemöglichkeiten und Grenzen der Archäologie, d. h. insbesondere: Warum wechselten ostgotische Personenverbände in so großer Zahl aus ihrer *patria* in das bayerische Voralpenland? Handelte es sich aus der Sicht des Ostgotenreiches, vor allem z. Zt. Theoderichs, um gelenkte Maßnahmen, um diesen Raum als Vorfeld nach Norden und Nordwesten zu sichern, vor allem gegen die unter König Chlodwig (481–511) besonders aggressive Politik der Franken gegenüber dem Ostgotenreich, aber auch gegen die (zu erwartende) fränkische Alpen- und Italienpolitik von Chlodwigs

Nachfolgern nach 536/537 im Bunde mit Byzanz? Dem würde der archäologische Befund zwar nicht widersprechen, aber gesichert beweisführend ist er nicht (auch nicht im Falle der Verhandlung „ostgotischer“ Fibeln, auf welche Weise auch immer). Die Frage also, ob der nordalpine Teil der Raetia II *de facto* zum Ostgotenreich gehörte, kann weiterhin nur von der Geschichtswissenschaft beantwortet werden. Ein Forschungskonsens hierüber ist aber kaum zu erhoffen, weil die wenigen Schriftquellen nicht ausreichend aussagekräftig sind.

Die nicht bestreitbare Präsenz von Ostgoten im bayerischen Voralpenland ist zudem eingebunden in das, was man mit bajuwarischer Ethnogenese zu umschreiben pflegt. Aber dies ist eine andere Geschichte! ■

Abb. 4: Grab 635 in Altenerding, links der Grabplan mit dem Bügelfibelpaar (1+2) und dem Kleinfibelpaar (3+4), rechts das Grabinventar.



Über „fortschaffende Mechanik“ und „eiserne Kunststraßen“

Vor 200 Jahren beschäftigte sich die Bayerische Akademie der Wissenschaften erstmals mit Mobilitätslösungen für die Zukunft.

VON STEPHAN DEUTINGER

MIT DER ERÖFFNUNG der Eisenbahn von Nürnberg nach Fürth im Jahr 1835 begann in Deutschland das Zeitalter der modernen Mobilität. Die Eisenbahn bot erstmals die Möglichkeit, Güter und Menschen schnell, massenhaft, sicher, energieeffizient und damit preiswert über erhebliche Entfernungen hinweg zu befördern. Die Zeitgenossen frappte in erster Linie die im Vergleich zum Pferdefuhrwerk unerhörte Geschwindigkeit des neuen Transportmediums – betrug sie anfangs auch nur 20 bis 30 Stundenkilometer. Das angebliche Gutachten eines bayerischen Medizinergrremiums, das infolge solcher Raserei Eisenbahnreisenden wie bloßen Zuschauern gleichermaßen schwere organische Schäden vorhersagte, gehört zwar ins Reich der Legende, geistert aber bis heute durch die Geschichtsbücher. Weniger bekannt sind die im Vorfeld des Eisenbahnbaus tatsächlich entstandenen Stellungnahmen von wissenschaftlicher Seite. Im Archiv der Bayerischen Akademie der Wissenschaften werden sie seit 200 Jahren aufbewahrt.

Pionier der Eisenbahn: Joseph von Baader (1763–1835). Porträt von Gustav Nehrlich, 1831.

Bayerns Eisenbahnpionier: Joseph von Baader

Den Anstoß, sich mit dem Thema Eisenbahn zu befassen, gab der Akademie ihr langjähriges Mitglied, der Oberstbergrat und Maschinendirektor Joseph von Baader. 1763 in München geboren, war Baader an sich in Ingolstadt promovierter Mediziner, hatte sich aber nach dem Studium in England und Schottland mehrere Jahre zum

Ingenieur fortgebildet. 1793 kehrte er nach München zurück, um dort, gestützt auf seine Erfahrungen im Ausland, eine steile Karriere als Techniker im bayerischen Bergwesen zu machen. Erst 33-jährig nahm ihn die Akademie in die Reihen ihrer ordentlichen Mitglieder auf; von 1807 bis 1817 leitete er ihr „Polytechnisches Kabinett“, das seinerzeit eine entscheidende Rolle im Patentverfahren des Königreiches spielte.

Der Englandkenner Baader sorgte für so manchen technologischen Transfer von den britischen Inseln auf den Kontinent. Davon war langfristig am bedeutsamsten sein Engagement für den Bau von Eisenbahnen, die er als effektives Transportmittel in den Bergwerken und Kohlegruben jenseits des Kanals kennen gelernt hatte. Baaders entscheidende Innovationsleistung auf diesem Sektor bestand in der Idee, die Eisenbahntechnik für den öffentlichen Verkehr zu nutzen, was damals noch nicht einmal in



England praktiziert wurde – die erste Eisenbahn mit öffentlichem Personenverkehr nahm erst 1825, zwischen Stockton und Darlington, ihren Betrieb auf.

Bereits zehn Jahre früher, nicht zufällig zu einem Zeitpunkt, wo sich nach der Niederringung Napoleons die politische Lage in Europa allmählich beruhigte und man wieder nach vorne schauen konnte, trat Baader in München mit ausgearbeiteten Plänen zum Eisenbahnbau auf. Kennzeichnend war dabei der systematische Ansatz, mit dem er sich dem Thema näherte und den er zu einem regelrechten „Neuen System der fortschaffenden Mechanik“ ausbaute. Weit entfernt davon, lediglich englische Technik zu kopieren, ging es Baader darum, zunächst alle Möglichkeiten der Rad-Schiene-Technologie auszuloten und dann auf einen Einsatz im Agrarland Bayern hin zu optimieren. Letzteres bedeutete vor allem den Verzicht auf aufwändigen und rohstoffintensiven Dampfbetrieb zugunsten einer verbesserten Pferdetraktion. Als alternative Antriebsenergie beschäftigte Baader insbesondere die menschliche Muskelkraft, für die er Anwendungsmöglichkeiten übrigens nicht nur auf der Schiene, sondern auch auf dem Wasser (Tretboot) und auf der Straße (Laufrad) ersann.

Mit einem Patentantrag für die von ihm dergestalt fortentwickelten „eisernen Kunststraßen“ löste Baader im Jahr 1815 eine erste Serie von Gutachten der Bayerischen Akademie der Wissenschaften aus. Von den drei mit der Prüfung beauftragten Physikern und Mathematikern zog sich Anselm Ellinger (1758–1816) auf einen mathematisch-physikalischen Standpunkt zurück und anerkannte Funktionsfähigkeit und Neuheit der Erfindung. Für die Frage der praktischen Tauglichkeit erklärte er sich nicht zuständig, vermutete aber, Eisenbahnen würden wohl nur „anwendbar seyn in dazu geeigneten einzelnen Dis-

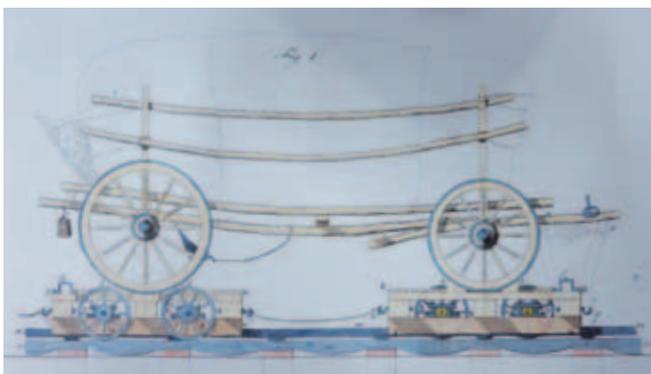
tricten“. Maximus von Imhof (1758–1817) schloss sich dem weitgehend an, verwies auf manche Umständlichkeiten in Baaders technischer Konzeption, empfahl jedoch, „die für den Handel gewies folgenreiche Idee“ in jedem Fall weiterhin zu fördern. Geradezu vernichtend war indes das Gutachten Julius Konrad von Yelins (1771–1826), in dem sich die Haltung einer eisenbahnkritischen Fraktion innerhalb der Akademie niederschlug. Sie vermochte an der Eisenbahn nur die Nachteile zu erkennen, bemängelte zahlreiche mechanische Unausgereiftheiten und verwies – obwohl „über die Kostspieligkeit ... direkt nicht gefragt“ – auf die hohen Anlagekosten.

Diesen durchaus skeptisch gestimmten Voten zum Trotz wurde Baader das beantragte Patent, ein „ausschließendes Privilegium auf den Zeitraum von zwanzig und fünf Jahren“, erteilt; die erhoffte einheitliche Haltung der Akademie war freilich nicht zu Stande gekommen. Über viele Jahre hinweg versuchte Baader dennoch, weiterhin Überzeugungsarbeit für seine Sache zu leisten. Neben Akademievorträgen schien ihm dafür die praktische Demonstration am erfolgversprechendsten, und so erstellte er nach und nach Eisenbahnmodelle und Versuchsbahnen in immer größer werdendem Maßstab.

Versuchsstrecke im Nymphenburger Schlosspark

1825 glaubte sich Baader am Ziel. Für den lange angestrebten Großversuch im Maßstab 1:1, vor dem – wie er meinte – alle Kritiker verstummen müssten, wurden stattliche 8.000 Gulden aus Staatsmitteln bereitgestellt. Im Nymphenburger Schlosspark, in der Nähe des Grünen Brunnhauses, entstand eine rund 250 Meter lange Versuchsstrecke, auf der alle denkbaren Transportsituationen simuliert werden konnten: Berg- und Talfahrt, enge Kurven, Übergang von der Schiene auf die Straße, Bahnübergänge u. a. m.

Zeichnungen von Joseph von Baader, aus seinem Werk „Neues System der fortschaffenden Mechanik“, München 1822.



DER AUTOR

Dr. Stephan Deutinger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kommission für bayerische Landesgeschichte bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und Geschäftsführer der „Zeitschrift für bayerische Landesgeschichte“ (ZBLG). Er hat zahlreiche Untersuchungen zur bayerischen Geschichte veröffentlicht, u. a. „Bayerns Weg zur Eisenbahn. Joseph von Baader und die Frühzeit der Eisenbahn in Bayern, 1800 bis 1835“ und „Vom Agrarland zum High-Tech-Staat. Zur Geschichte des Forschungsstandorts Bayern 1945–1980“.

Julius Konrad von Yelin, Gutachten über die von dem Herrn Oberberggrath und Maschinendirektor von Baader vorgeschlagenen neuen Eisenbahnen und Wagen in Absicht auf die Neuheit und Nützlichkeit der Erfindung, 3. März 1815.

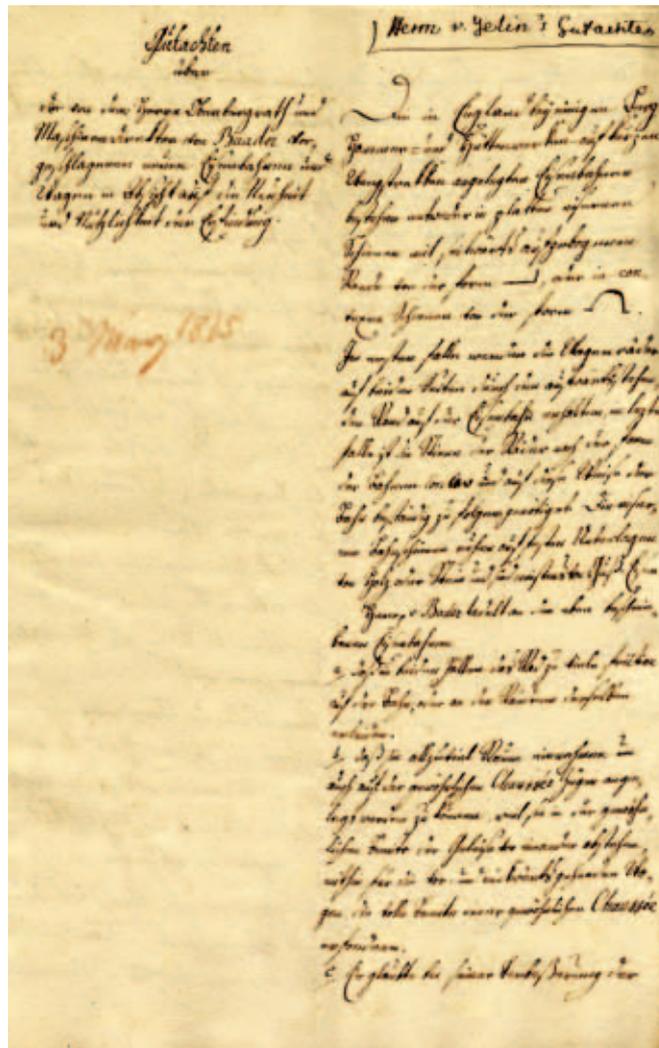
Nicht weniger als drei Expertenkommissionen wurden aufgeboden, um diese erste lebensgroße Eisenbahn in Bayern zu begutachten. Ein Gremium, geleitet von Hofbauintendant Leo von Klenze, bestand aus Vertretern der betroffenen Fachbehörden, ein zweites war aus maßgeblichen Mitgliedern des Polytechnischen und des Landwirtschaftlichen Vereins gebildet. Die kleine, von der Akademie der Wissenschaften nach Nymphenburg entsandte Kommission umfasste den Botaniker Franz von Schrank (1747–1835) sowie die beiden Mathematiker Thaddäus Siber (1774–1854) und Johann Leonhard Späth (1759–1842).

Am 3. Juli 1826 ließen sich die drei Akademievertreter in Nymphenburg das ausgeklügelte Versuchsprogramm vorführen. In dem darüber aufgesetzten ausführlichen Protokoll spendete die Kommission, deren Zusammensetzung Baader freilich in seinem Sinne zu beeinflussen gewusst hatte, dem Gesenen diesmal „vollen Beifall“, wengleich man sich nach wie vor „über die Anwendbarkeit dieser Construction im Grossen“ nicht äußern wollte.

Noch im gleichen Jahr gab die Akademie dieses Gutachten als Anhang zu einer weiteren akademischen Festrede Baaders in hoher Auflage in Druck. Irgendeine fördernde Wirkung im Hinblick auf den Eisenbahnbau war ihm jedoch nicht beschieden. Das vorangegangene vernichtende Urteil der Behördenvertreter, Eisenbahnen könnten „in kommerzieller Hinsicht überhaupt nur in besonderen Fällen, nie aber im Allgemeinen Vortheil gewähren“, wog gegenüber den technologisch-mechanischen Bewertungen der Gelehrtschaft zu schwer. Vor allem aber hatte sich der „technologiepolitische“ Wind in Bayern mit der Thronbesteigung Ludwigs I. im Jahr 1825 gedreht. Ludwig bezog in seine monarchischen Vorstellungen auch die verkehrstechnische Erschließung des Königreichs ein, das er würdiger durch – vermeintlich die Jahrhunderte überdauernde – Schifffahrtskanäle repräsentiert sah. Der Staat schied damit in Bayern als Impulsgeber für den frühen Eisenbahnbau aus.

Vordenker der Mobilität

Ungenutzt blieben dadurch jedoch auch die Chancen einer regional eigenständigen Technologieentwicklung. Die beiden Lokomotiven, die seit Dezember 1835 so eindrucksvoll zwischen Nürnberg und Fürth hin und her dampften, waren Komplettimporte aus England – zylindertragender Lokomotivführer inklusive. Ökonomisch war das zweifellos sinnvoll gehandelt. Was dabei aber zunächst an technischen Ideen verlorenging, zeigt ein nochmaliger Blick in Baaders „Neues System der fortschaffenden Mechanik“ aus dem Jahr 1822: Die erst viel später etwa im Bergbau eingesetzte Druckluftlokomotive oder die Feldbahn für den Forstbetrieb zur Reduzierung der großen Holzverluste des herkömmlichen Triftverfahrens findet man dort ebenso vorgedacht wie die erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts wiederentdeckte „Rollende Landstraße“. Baader selbst durfte übrigens nicht einmal die Realisation seiner Grundidee des schienengebundenen Verkehrs erleben: Zwei Wochen vor der Eröffnungsfahrt in Nürnberg ist Bayerns Eisenbahnpionier am 20. November 1835 gestorben.





„Die Aussicht war vortrefflich, und wir sahen tief auf die Ebene von Matavai hinab, die alle ihre Reize gleichsam zu unseren Füßen ausbreitete.“ 1773 landete James Cook bei seiner zweiten Südsee-reise in der Matavai-Bucht im Norden Tahitis. Ihn begleitete der Reiseschriftsteller Johann Georg Adam Forster. Gemälde von William Hodges, 1776.

„DIE ZEIT IST VORÜBER wo man abenteuerlich in die weite Welt rannte; durch die Bemühungen wissenschaftlicher, weislich beschreibender, künstlerisch nachbildender Weltumreiser sind wir überall bekannt genug, daß wir ungefähr wissen was zu erwarten sei.“ Diese Worte, die Lenardo im 3. Buch an die zum Aufbruch in die Neue Welt entschlossenen Auswanderer richtet, finden sich in Johann Wolfgang von Goethes Altersroman „Wilhelm Meisters Wanderjahre oder Die Entsagenden“ (1829), dem, wenig später, auch die vielzitierte Befürchtung entstammt: „Das überhand nehmende Maschinenwesen quält und ängstigt mich, es wälzt sich heran wie ein Gewitter, langsam, langsam; aber es hat seine Richtung genommen, es wird kommen und treffen.“ Ein Aphorismus des Romans schließlich geißelt die Beschleunigung des öffentlichen Lebens durch das Tagespressewesen in einem eigenen Neologismus als „velociferisch“. Im Gegensatz dazu hat

Literaturwissenschaft

„Die Zeit ist vorüber wo man abenteuerlich in die weite Welt rannte ...“

Goethes Welt-Literatur, Bruce Chatwin in Patagonien und Bertolt Brecht im Steyrwagen: ein Streifzug durch die Literaturgeschichte der Mobilität.

VON JOHANNES JOHN

Goethe den Siegeszug einer heraufziehenden „Weltliteratur“ – die er als historisches Resultat eines sich durch moderne Massenmedien wesentlich erleichterten Kommunikationsprozesses zwischen den einzelnen Nationalliteraturen verstand – ausdrücklich begrüßt. So schrieb er am 27. Januar 1827 an Eckermann: „National-Literatur will jetzt nicht viel sagen, die Epoche der Welt-

„Ford hat ein Auto
gebaut / Das fährt
ein wenig laut./
Es ist nicht wasser-
dicht / Und fährt
auch manchmal
nicht.“

(aus: „Alfabet“, 1934). Bertolt
Brecht in seinem Ford im däni-
schen Exil, 1936.

Literatur ist an der Zeit und jeder
muß jetzt dazu wirken, diese Epoche
zu beschleunigen.“

Reisebericht und Entwicklungsroman

Diese Zitatencollage versammelt in nuce Kerngedanken zum Thema „Mobilität“, also der Möglichkeit wie der Fähigkeit des Menschen, sich im „Welt-Raum“ zu bewegen. Sie erweist sich dabei in der Palette möglicher Verhaltensweisen als ein Konglomerat von Befürchtungen und Hoffnungen, von Skepsis und Optimismus – Haltungen, wie sie mit unterschiedlicher Akzentsetzung und Dringlichkeit seither auf vielfältige Weise nicht zuletzt literarisch Niederschlag gefunden haben. Die „abenteuerliche“ Welterfahrung verweist dabei zum einen auf den bis in unsere Tage lebendigen Traditionsstrang der „Reiseliteratur“, die uns fremde Länder und Kulturen näherzubringen sucht, dabei in ihren spannendsten Momenten aber zugleich Wahrnehmungen der Alterität nicht unterschlägt und Exotischem die Aura der durchaus auch verstörenden Andersartigkeit belässt. Sie rekurriert zum anderen auf das nicht zuletzt durch Goethe begründete Genre des Entwicklungsromans, in dem Wilhelm Meister wie seine Zeitgenossen und Nachfolger, etwa bei Christoph Martin Wieland, Joseph von Eichendorff, Gottfried Keller, Adalbert Stifter oder Wilhelm Raabe, die prägenden Erlebnisse und Erfahrungen, die sie schließlich ihren Platz in der Gesellschaft finden lassen, buchstäblich „unterwegs“ machen. Ihre Sozialisation ist also keineswegs nur metaphorisch an die Orte und Stationen einer „Lebensreise“ gekoppelt.

Die Entzauberung der Welt

Dieses auf der Bereitschaft zu Mobilität fußende, dabei aber auch vielfältigen Zufällen ausgesetzte „Lebensexperiment“ werde, so Goethes Diagnose wie Prognose, durch eine nunmehr auf wissenschaftlicher Methodik und Exaktheit basierenden „Vermessung der Welt“ (Daniel Kehlmann) abgelöst, die unser Wissen von der Welt, wenngleich um den Preis ihrer „Entzauberung“ (Max Weber), geradezu explosionsartig erweitern sollte. Mit einem der namhaftesten Vertreter solcher Expeditionen, die im wahrsten Sinne des Wortes Neuland erschlossen, nämlich Alexander von Humboldt (1769–1859), stand Goethe Zeit seines Lebens ebenso in einem intensiven Gedankenaustausch wie mit Johann Georg Adam Forster (1754–1794), der an der zweiten Weltumseglung James Cooks teilnahm und von dieser „Reise um die Welt“ in zwei Bänden (1778/80) anschaulich berichtet hat.



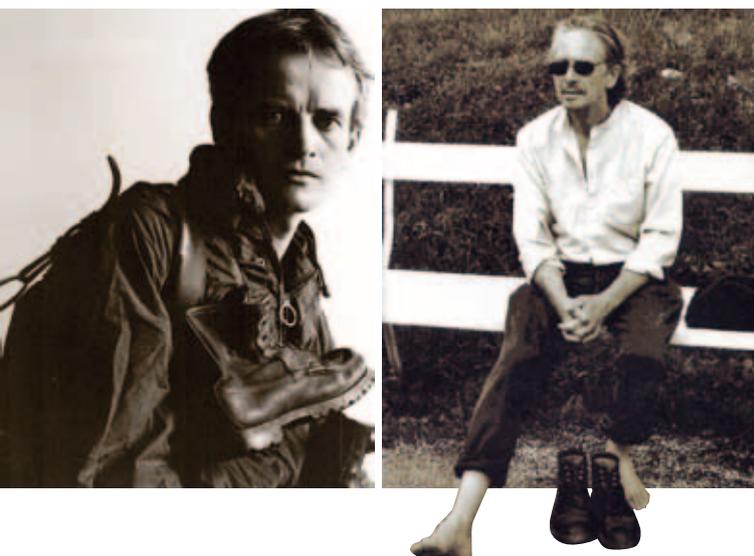
Die „Bildungsreise“, bei der zum touristischen Programm das kulturgeschichtliche Pensum tritt, nimmt hier gewissermaßen eine Mittelstellung ein, wobei vor Goethe junior schon dessen Vater Johann Caspar seine „Reise durch Italien im Jahre 1740“ literarisch „verewigt“ hatte.

Migrationsbewegungen und Exilliteratur

Freilich verschweigen die eingangs zitierten Äußerungen auch jene bittere Form der Mobilität nicht, die Menschen angesichts der sich rasant entwickelnden Technisierung und Industrialisierung aus schierer Not ums tägliche Brot dazu zwang, gewohnte und vertraute Lebensverhältnisse zu verlassen. Gerade die Literatur hat solchen sozial und ökonomisch motivierten Migrationsbewegungen der keineswegs aus freien Stücken „Europamüden“ (so eine Wendung Heinrich Heines, die einem Roman von Ernst Willkomm 1838 den Titel gab), immer wieder Raum und Stimme verliehen; zu dieser Gruppe zählt etwa auch der 16-jährige Karl Roßmann aus Franz Kafkas unvollendetem Romanprojekt „Der Verschollene“. Daher dürfen in diesem Zusammenhang auch die vielfältigen Dokumente der „Exilliteratur“, die aus politischen Gründen insbesondere zwischen 1830 und 1848 oder 1933 und 1945 gezwungenermaßen außerhalb des eigenen Sprach- und Kulturraums entstehen musste, nicht unerwähnt bleiben.

Medien der Fort-Bewegung

Eine Literaturgeschichte der Mobilität bliebe freilich unvollständig, wenn sie neben dieser Typologie nicht auch die Medien solcher Fort-Bewegungen ins Blickfeld rückte: „Alle Welt hat die Reise- und Wanderlust erfaßt, alles ist in Bewegung, der Großstädter sucht nicht mehr zur Sommerszeit die ländliche Stille, er reist um das Geld, das er sonst für Landleben ausgegeben, und der stille Bewohner des Landes macht sich auf, die Welt zu sehen, und wird mit dem



Großstädter zusammenge-
worfen. Durch die Schnelligkeit und Leichtigkeit der Bewegungen werden die Menschen der fernsten Orte durcheinander gewürfelt. Eindrücke rauschen an ihnen vorüber, der Mensch sieht Menschen Berge Täler Städte Theater Bahnhöfe Ausstellungen Verzierungen Fahnen Trachten, er sieht bunte Farben, er hört sinnreizende Töne, er isst feine Speisen, schläft in den Kissen des Eisenbahnwagens, und träumt, wenn er nach Hause gekommen ist, von diesen Dingen [...]. Wie soll da ein Versenken in sich selber, wie soll da ein Arbeiten des Geistes in seinen Tiefen über die Menge kommen?“

Adalbert Stifters Bedenken aus dem Jahre 1863 mögen uns heute eher skurril erscheinen, und doch lässt sich eine Kultur- und Sozialgeschichte des mobilen Menschen – wodurch auch immer er motiviert sein mag – von Schusters Rappen über den Rappen selbst, sodann die Kutsche, das Schiff, die Eisenbahn bis hin zu Auto und Flugzeug als Prozess wachsender Beschleunigung und Ubiquität bis hin zu jenem „Rasenden Stillstand“ schreiben, wie ihn Paul Virilio 1990 in seinem gleichnamigen Essay auf eine treffende Formel brachte – mit all seinen segensreichen wie bedenklichen Folgen und Begleiterscheinungen. Diese korrespondieren wiederum eng mit der Selbstwahrnehmung des „modernen“ Menschen und lassen sich etwa in der Literatur des frühen 20. Jahrhunderts in angemessener Ambivalenz studieren. Dem Faszinosum von Technik und Beschleunigung, wie sie der Futurismus in der „Schönheit der Geschwindigkeit“ (so im 4. Punkt von Tommaso Marinettis Manifest von 1909) feierte, steht zeitgleich der „gehetzte“ Mensch gegenüber, wie ihn beispielsweise Alfred Döblin porträtiert hat. Bertolt Brecht wiederum pflegte auch kürzeste Strecken im Automobil zurückzulegen, weshalb es wenig überrascht, dass er sowohl seinem Gefährt („Singende Steyrwagen“) 1927 ein Gedicht wie zwei Jahre später Lindberghs Atlantikflug ein eigenes „Radiolehrstück“ widmete.

Ein menschlicheres Maß

Nicht zuletzt in der Literatur wächst jedoch seit geraumer Zeit auch eine Gegenbewegung, und zwar in dem Maße, in dem „Globalisierung“ nicht mehr als Chance zu neu- und wissensbegieriger Horizonterweiterung begriffen wird, sondern unter das Diktat der Ökonomie gerät, in dem uns Webcams des World Wide Web in die Lage versetzen, in Echtzeit virtuelle Weltreisen zu unternehmen, die gleichwohl stets auf das Viereck des Bildschirms beschränkt bleiben und in denen der Massentourismus in seiner Mischung aus Hedonismus und Konsumismus oft genug das befriedigte Fazit zieht, wonach es anderswo ganz genauso war wie zu Hause. Diese Gegenbewegung redet weiterhin und nachdrücklich einer Welterkundung auf eigene Faust das Wort, bemüht sich auf ihren Expeditionen dabei allerdings um ein ihrer Überzeugung nach menschlicheres Maß. Ihr Signum bildet das Schlagwort von der „Entschleunigung“, und mehr noch die längst zum geflügelten Wort gewordene, mittlerweile vielleicht etwas zu häufig zitierte „Entdeckung der Langsamkeit“, mit der Sten Nadolny 1983 seinen Roman über den englischen Polarforscher John Franklin überschrieb. Zwei Jahre zuvor hatte er seinen Protagonisten Ole Reuter im Roman „Netzkarte“ noch auf eine vergnügliche Zugreise quer durch die Bundesrepublik geschickt.

Schriftsteller zu Fuß

„Wer geht, sieht im Durchschnitt anthropologisch und kosmisch mehr, als wer fährt“, zeigte sich schon 1805 der passionierte Fußgänger Johann Gottfried Seume (1764–1810) überzeugt, und in bewusster Rückbesinnung auf diese aus ihrer Sicht menschlicher Wahrnehmung einzig angemessene Fortbewegungsart wanderte Bruce Chatwin durch Patagonien oder Australien, Peter Handke durch den slowenischen Karst oder die spanische Meseta, Werner Herzog von München nach Paris, W. G. Sebald durch Suffolk oder Christoph Ransmayr in europäischen und asiatischen Hochgebirgen, während sich Roger Willemssen in vergleichbarer Absicht auf allen fünf Kontinenten an „Die Enden der Welt“ (2010) begab. Man darf gespannt sein, ob es sich dabei um die exemplarische Kompensation von Modernisierungsschäden handelt, wie sie der Philosoph Odo Marquard als Aufgabe der Literatur wie der Geisteswissenschaften formuliert hat, oder ob diesen anthropologischen wie ästhetischen Selbstversuchen ein utopisches, neue Wegeweisendes Potential innewohnt.

„I always wanted to go to Patagonia“; der Reiseschriftsteller Bruce Chatwin (1940–1989) (links).

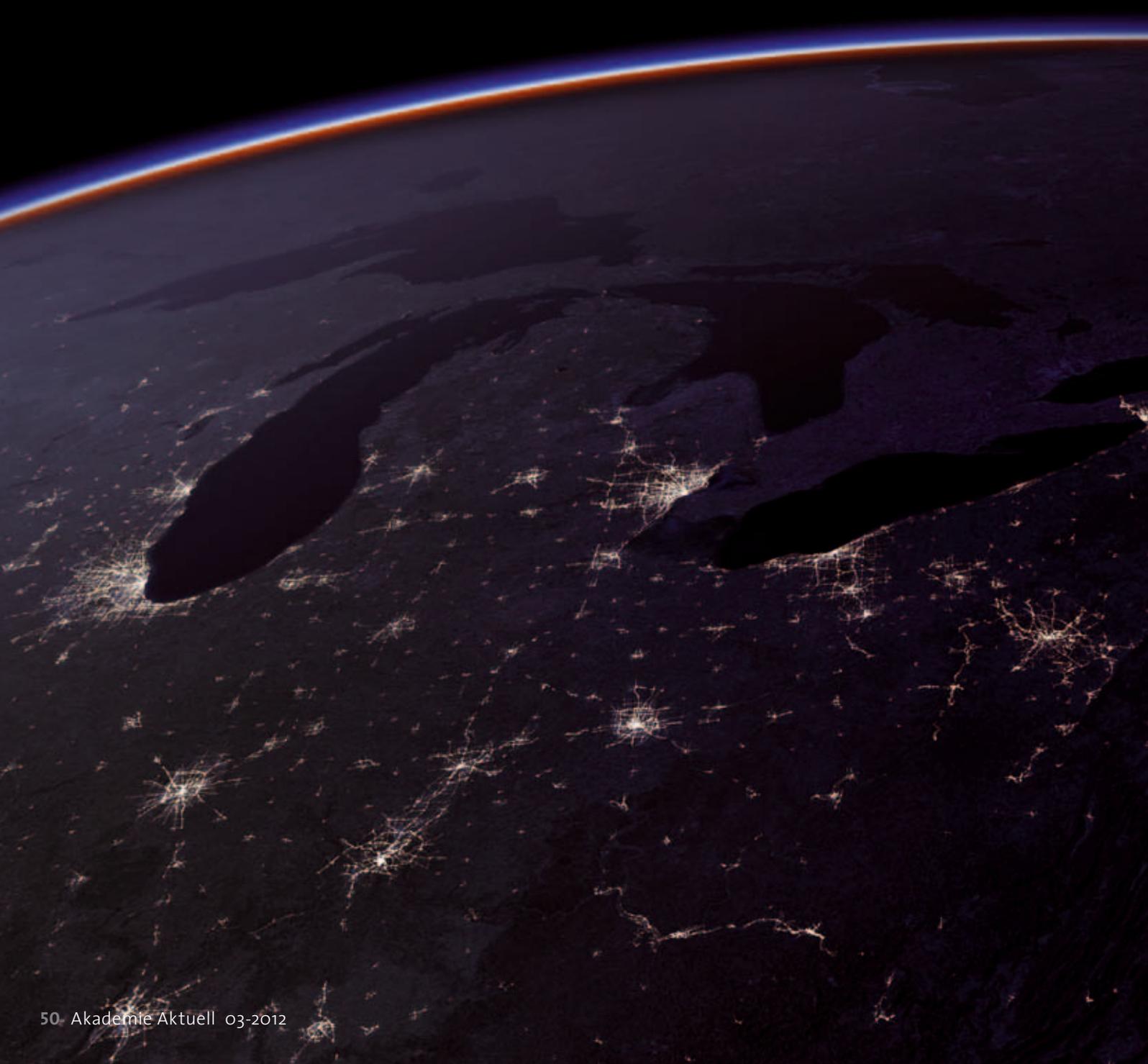
„Merke es dir, endlich: Das Gehen ist (d)eine Erkenntnis – das lange, ausgreifende, vielfältige Gehen, über Berg und Tal“; Peter Handke (geb. 1942) unterwegs.

DER AUTOR

Dr. Johannes John ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kommission für Neuere deutsche Literatur der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und Redaktor der Historisch-Kritischen Gesamtausgabe der Werke und Briefe Adalbert Stifters. Am Institut für Deutsche Philologie der LMU München hat er einen Lehrauftrag.

Workshop

DIE ZUKUNFT UNSERER



Abholzung der Wälder, Verlust der Biodiversität, Bevölkerungswachstum – welchen Beitrag kann die Geodäsie zur Erforschung des Globalen Wandels leisten? Diese Frage stand im Mittelpunkt eines Workshops der Deutschen Geodätischen Kommission in der Bayerischen Akademie der Wissen-

schaften. Sechs Experten stellten ihre Sicht auf den Globalen Wandel dar und beleuchteten die Rolle, die die Geodäsie dabei spielt. Damit soll ein Diskussionsprozess in Gang gesetzt werden, der einerseits die Bedeutung des Globalen Wandels für zukünftige Forschungsfelder der Geo-

däsie und andererseits die Bedeutung der Geodäsie zur Bewältigung der Herausforderungen rund um den Globalen Wandel betont und so langfristig zu einer nachhaltigen Entwicklung unserer Umwelt beiträgt.

ERDE

VON CHRISTIAN HEIPKE, THEO KÖTTER, JÜRGEN KUSCHE, WOLFGANG NIEMEIER



Geodäsie und Globaler Wandel: die Ballungszentren an der Ostküste der Vereinigten Staaten von Amerika bei Nacht. Die Aufnahme stammt, wie die übrigen Luftbilder dieses Beitrags, aus dem Bildband „Globaler Wandel. Die Erde aus dem All“, den das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt 2008 veröffentlichte.

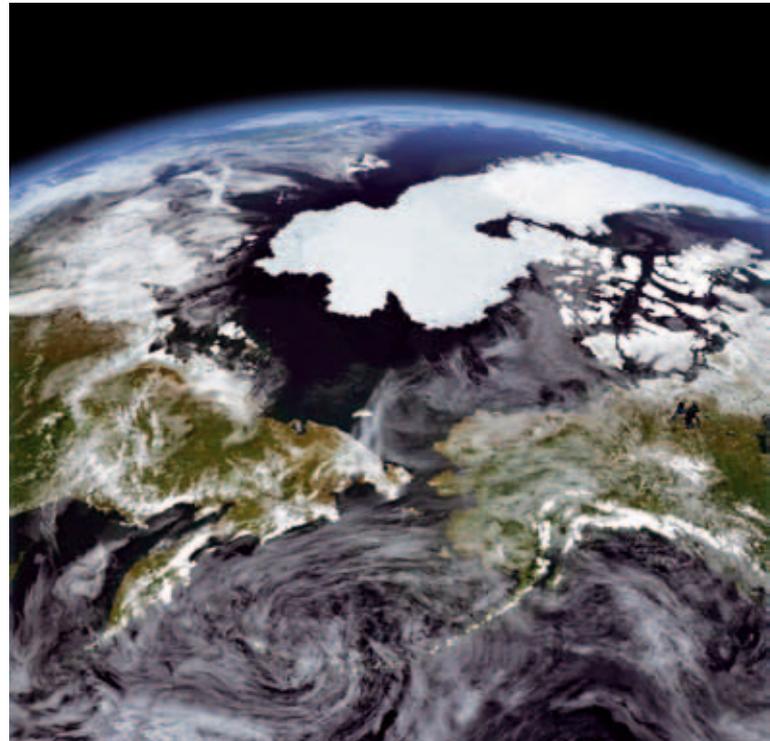
KLASSISCH BETRACHTET ist die Geodäsie die Wissenschaft der Ausmessung und Abbildung der Erdoberfläche; Geodäten waren aber zugleich immer schon die „Notare“ von Grund und Boden. Heute erfasst die Geodäsie die Erde und ihre unterschiedlichen Lebensräume einschließlich ihrer Veränderungen in verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen; sie analysiert, interpretiert, visualisiert, dokumentiert und bewertet die gewonnenen Informationen. Schließlich modelliert, simuliert und gestaltet sie Entwicklungen aufgrund verschiedener Szenarien und unterstützt Entscheidungsprozesse. Die Geodäsie schafft damit eine unverzichtbare und belastbare, qualitativ hochwertige sowie aktuelle und zuverlässige Daten- und Informationsgrundlage über den Lebensraum Erde und stellt diese über effiziente Geodateninfrastrukturen zahlreichen anderen Disziplinen zur Verfügung. Sie zieht daraus im interdisziplinären Kontext aber auch selbst Schlüsse, leitet Prognosen ab und entwickelt Strategien für die nachhaltige Entwicklung und die Gestaltung von Veränderungsprozessen.

Unter dem Begriff „Globaler Wandel“ wird eine Vielzahl von Prozessen und Einzelphänomenen zusammengefasst, die durch geogene und anthropogene Einflüsse geprägt sind und sich teilweise gegenseitig erheblich beeinflussen. Dazu gehören vor allem der Klimawandel, die fortschreitende Bodendegradation und der Verlust an Biodiversität. Aber auch Bevölkerungswachstum und demographische Veränderungen, die Verstärkerprozesse sowie die Globalisierung der Wirtschaft und deren Folgen für den Warentransport und den Verkehr sind Teil des Globalen Wandels. Der Globale Wandel betrifft damit nicht nur Prozesse und Phänomene auf einer globalen Skala, sondern führt ganz konkret auch zu Veränderungen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene. Im Auftrag des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) heißt es dazu: „Die Eingriffe des Menschen in die natürliche Umwelt haben ein globales Ausmaß erreicht. Besonders der Klimawandel, der Verlust biologischer Vielfalt, die Bodendegradation, die Verknappung und Verschmutzung von Süßwasser sowie die Übernutzung der Meere zählen zu den weltweit voranschreitenden kritischen Veränderungen der natürlichen Umwelt. Diese Ver-

änderungen werden durch die Ausbreitung nicht nachhaltiger Lebensstile und Produktionsweisen sowie eine steigende Energie- und Ressourcen-nachfrage verursacht und beschleunigt. Auch absolute Armut und Bevölkerungswachstum sind wichtige Faktoren. Eine Folge dieses Globalen Wandels ist die wachsende Verwundbarkeit aller Gesellschaften. Neben Industrieländern sind vor allem die am wenigsten entwickelten Länder gegenüber Naturkatastrophen, Nahrungskrisen und Erkrankungsrisiken anfällig. Dadurch werden zunehmend Entwicklungschancen behindert und globale Sicherheits- und Gerechtigkeitsfragen aufgeworfen. In den letzten Jahren wurde daher immer deutlicher, dass die globalen Umwelt- und Entwicklungsprobleme nur durch eine grundlegende Transformation bisheriger Wirtschaftsweisen zu bewältigen sind. Den Globalen Wandel nachhaltig zu gestalten, ist die große Herausforderung für Politik und Wissenschaft.“ (www.wbgu.de/auftrag/auftrag/)

Diese Herausforderungen des Globalen Wandels sind für die zukünftige Entwicklung der Geodäsie von entscheidender Bedeutung. Das Fach kann zu diesen Themen substantielle Beiträge liefern und hat dies in der Vergangenheit mehrfach bewiesen. Beispiele sind die Bereitstellung eines hochgenauen und zuverlässigen globalen

Geodäsie und Globaler Wandel: Modellierte Eisbedeckung der Arktis im Jahr 2070. Die Ausdehnung des Eises wird erheblich zurückgehen, die heute vereisten Nordost- und Nordwestpassagen werden schiffbar sein.





Referenzrahmens für den Nachweis aktueller geodynamischer Prozesse, die Erfassung sämtlicher raumrelevanter Daten und Informationen des Systems Erde, die Erfassung und Analyse von Schwankungen des Meeresspiegels und von Veränderungen der Landbedeckung und Landnutzung sowie die Früherkennung von Naturgefahren wie Hangrutschungen oder Bodensenkungen. Hierzu zählt auch die Erarbeitung von Szenarien, Anpassungsstrategien und Steuerungsmöglichkeiten für urbane Ballungsgebiete, Dörfer und Regionen vor dem Hintergrund des demographischen und wirtschaftlichen Wandels.

Der Workshop

Der Workshop war in die Jahrestagung der DGK eingebettet. Das Grußwort sprach der Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Karl-Heinz Hoffmann. Er ging insbesondere auf die anerkannte Bedeutung der Geodäsie für die Bayerische Akademie und auf die Einbindung innerhalb des zukünftigen geowissenschaftlichen Bereiches ein.

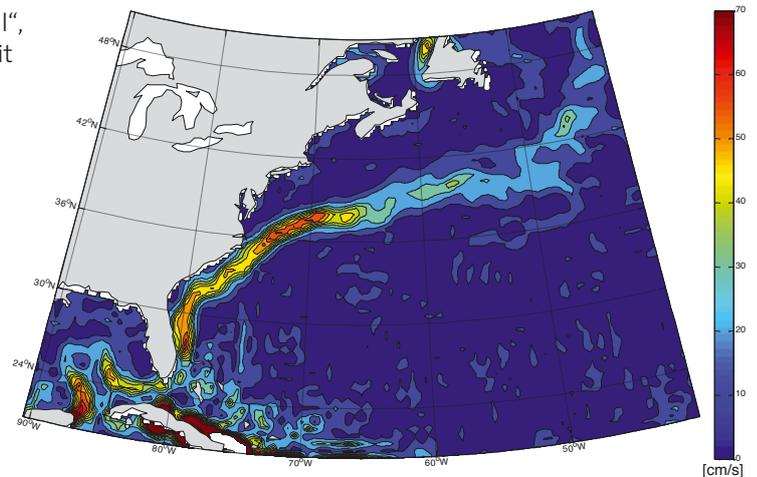
Klimawandel und Klimaschutz

Den Eröffnungsvortrag hielt Gernot Klepper vom Institut für Weltwirtschaft der Universität Kiel zum Thema „Globaler Wandel: globale und lokale Herausforderungen“. Er ist auch Vorsitzender des Nationalen Komitees für Global Change Forschung (NKGCF) der DFG und des BMBF. Er stellte Klimawandel und Klimaschutz in den Mittelpunkt seines Vortrags und fasste realistische Prognosen zum Anstieg der globalen Temperatur und der Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Atmosphäre zusammen, die auf der Grundlage vielfältiger Messungen und Modellierungen entstanden sind. Klepper ging auch auf die großen politischen und wirtschaftlichen Interessenskonflikte ein, die sich bei der Diskussion über die Verursacher des Wandels und die Betroffenen seiner Folgen zeigen – etwa beim Handel mit Emissionszertifikaten. Schließlich beschrieb er unter dem Stichwort „Climate Engineering“ technische Möglichkeiten, um der Erderwär-

Geodäsie und Globaler Wandel: „El Mar de plástico“ nahe des spanischen Almería ist die weltweit größte Ansammlung von Folienkulturen. Künstliche Bewässerung hat die andalusische Provinz zu einer Obst- und Gemüsekammer Europas gemacht.

Geodätische Weltraumbeobachtungen machen den Golfstrom sichtbar.

mung zu begegnen. „Es ist sinnvoll“, so Klepper, „die Aufnahmefähigkeit der CO₂-Senken inklusive der CO₂-Verpressung im Boden, aber auch in den Ozeanen und im Zuge des so genannten Air Capturing, zu erhöhen. Im Vergleich dazu sind die aktuellen, recht visionären Konzepte – etwa zur Reduktion der Sonneneinstrahlung und zur Erhöhung der Abstrahlung von Erdwärme – zwar billiger und kurzfristiger realisierbar, langfristig aber weniger wirkungsvoll.“



Das Gesamtsystem „Erde“

Die nächsten beiden Vorträge nahmen die Erde als Ganzes ins Blickfeld. Maik Thomas (Institut für Meteorologie der Freien Universität Berlin und Leiter der Sektion Erdsystem-Modellierung am Deutschen GeoForschungszentrum Potsdam) sprach über „Beiträge der Geodäsie für die Modellierung der Erdsystemdynamik“. Er stellte den Zusammenhang zwischen einer konsistenten Modellierung der verschiedenen Teilbereiche des Erdsystems wie der Ozeane, der Hydrosphäre und Kryosphäre sowie der festen Erde auf der Grundlage physikalischer Erhaltungssätze heraus. Anhand beeindruckender Beispiele zeigte er, wie der Stand der Forschung durch die Schwerefeldsatelliten CHAMP, GRACE und GOCE in den letzten Jahren erheblich erweitert wurde. Während sich durch geodätische Beobachtungen typischerweise Gesamteffekte messen lassen, ermöglicht es die physikalische Modellierung in Verbindung mit geeigneten lokalen Beobachtungsverfahren, die einzelnen Effekte zu trennen. „Dabei gilt“, so Thomas, „dass vom Menschen verursachte Effekte des Globalen Wandels gemeinsam mit natürlichen Veränderungen wie z. B. Erdbeben auftreten. Diese beiden Gruppen können nicht getrennt voneinander betrachtet werden.“ Der Globale Wandel kann daher nur begriffen werden, wenn man das Gesamtsystem „Erde“ versteht. Erst dann lassen sich z. B. geodätisch gemessene Eismassenänderungen als zuverlässige Randbedingungen für Klimavorhersagen verwenden. Die aus der Geodäsie stammenden hochgenauen Beobachtungsverfahren, Messdaten und Referenzsysteme dienen in diesem Zusammenhang sowohl als Eingangsinformationen für die Gesamtmodellierung als auch zur Kalibrierung der Modelle und damit zur Verbesserung der daraus abgeleiteten Prognosen.

Globale geodätische Mess- und Beobachtungsverfahren standen auch im Zentrum des Beitrags „Globaler Wandel, GGOS und GEOSS“ von Markus Rothacher vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich. Er erklärte: „Der Globale Wandel zeichnet sich u. a. durch eine Überlagerung ‚schleichender‘ Langzeittrends – also Anstieg des Meeresspiegels, Änderungen der Eisbedeckung, Landnutzungsänderungen – und schnell ablaufender Ereignisse, etwa Hangrutschungen, Bodensenkungen, Überflutungen usw., aus.“ Während zur Erfassung von Langzeittrends lange Messreihen verbunden mit einer homogenen Prozessierung vorliegen müssen, ist für die Erfassung plötzlicher Ereignisse die Verarbeitung der Messdaten in Echtzeit eine wesentliche Voraussetzung. „Vor diesem Hintergrund“, so Rothacher, „hat sich die Group of Earth Observation (GEO) die Aufgabe gestellt, durch konzeptionelle Zusammenführung der verschiedenen existierenden und zukünftigen Erdbeobachtungssysteme das Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) zu schaffen.“ Innerhalb von GEOSS bildet das Global Geodetic Observing System (GGOS) die geodätische Komponente und die metrologische Basis für viele Arten von Beobachtungsdaten. Neben der Erfassung der Daten ist die gemeinsame, d. h. fachübergreifende Verarbeitung auf der Grundlage konsistenter Modelle eine Kernaufgabe von GGOS.

Mobilität der Zukunft

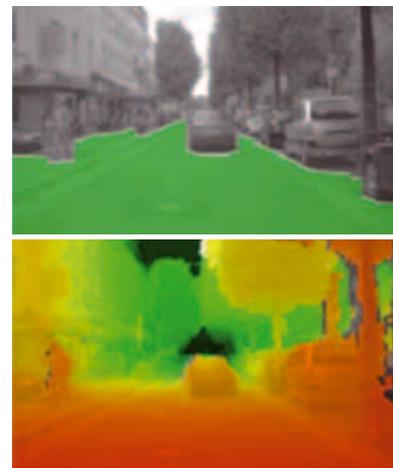
Was sind die lokalen Auswirkungen des Globalen Wandels? Mit dieser Frage befassten sich die nächsten drei Vorträge des Workshops. Bernhard Friedrich vom Institut für Verkehr und Stadtbaugesamtheit der Technischen Universität Braunschweig sprach über das Thema „Wie viel Geodäsie braucht die Mobilität?“. Er diskutierte zunächst die vielen Faktoren, die Einfluss auf

die Mobilität der Menschen haben, u. a. die Verstädterung, die Verknappung und damit Verteuerung der fossilen Energie, die Umwelt- und Klimabelastung, der wohlstandsbedingte Anstieg des Motorisierungsgrades, die zunehmende Individualisierung und das veränderte Mobilitätsverhalten der Bevölkerung, aber auch technische Entwicklungen wie Fahrzeugnavigationssysteme und Funkkommunikation sowie steigende Anforderungen an die Verkehrssicherheit. Der Fokus seiner Ausführungen lag auf dem Straßenverkehr. „Das zukünftige Fahrzeug wird emissionsarm, leicht, klein und vorausschauend

gemeinsame konsistente Repräsentation der Ergebnisse in einer räumlichen Datenbank angewiesen. Sie tauschen z. B. Informationen über den aktuellen Straßenzustand oder über Staus vor Baustellen aus und tragen so zur Vermeidung gefährlicher Situationen bei. Idealerweise legen sie gewisse Strecken in einem Verband (Pulk) zurück. „Geodätische Mess- und Analysetechniken stellen daher einen wichtigen Baustein der Mobilität der Zukunft dar“, bilanzierte Friedrich.

Demographischer Wandel: „weniger, grauer, vereinzelter, bunter“

Der Beitrag von Paul Gans vom Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie der Universität Mannheim trug den Titel „Komponenten und Ursachen des demographischen Wandels – Fragestellungen für die Geodäsie“. Unter den Stichworten „weniger, grauer, vereinzelter, bunter“ stellte er auf der Grundlage umfangreicher statistischer Erhebungen eine Prognose für die Bevölkerungsentwicklung der nächsten Jahrzehnte in Deutschland und im Vergleich dazu in Europa vor. „Während die Bevölkerung bis 2050 in Deutschland und in manchen süd- und osteuropäischen Ländern, u. a. in Italien, Polen, Rumänien, Ungarn,



Fahrzeug mit geodätischer Sensorik, Umgebungserfassung und Auswertung der durch die Frontscheibe aufgenommenen Bilder.

sein“, so Friedrich. „Es wird dem Fahrer bei vielen Routineaufgaben helfen.“ Geodätische Zukunftsaufgaben stellen sich sowohl bei der Planung, Errichtung und Unterhaltung geeigneter Verkehrsinfrastrukturen als auch bei der technischen Ausrüstung solcher Fahrzeuge. „Fahrerassistenzsysteme und Systeme zum autonomen Fahren werden Komfort und Fahrsicherheit verbessern“, erklärte Friedrich. Beides beruht auf einer vollständigen, präzisen und aktuellen Repräsentation der unmittelbaren Umwelt inklusive der sich bewegenden Objekte. Damit sind sowohl präzise Messungen, etwa auf der Grundlage digitaler Bilder, der Laser- und der Radartechnik als auch die Repräsentation der Umwelt in dynamischen Karten angesprochen. Schon länger existierende Einparkhilfen, die auf genauen Abstandsmessungen beruhen, sind dafür nur ein erstes Beispiel. Fahrzeuge, die automatisch auf andere Verkehrsteilnehmer Rücksicht nehmen und mit ihnen kooperieren und kommunizieren (social cars), sind auf vielfältige geodätische Messungen, auf Datenverarbeitung in Echtzeit und auf eine

Russland, schrumpft“, erklärte Gans, „wird sie sich in einigen nord- und westeuropäischen Ländern, z. B. Irland, den Niederlanden, Frankreich, Schweden und Spanien, signifikant erhöhen.“ Einen wesentlichen Einfluss auf diese wahrscheinlichen Entwicklungen haben der Wertewandel in der Gesellschaft, der zu einem veränderten regenerativen Verhalten führt, und die räumlich differenzierte wirtschaftliche Entwicklung, die regionale und internationale Wanderungsbewegungen auslöst und verstärkt. Der Wertewandel in der Gesellschaft spiegelt sich insbesondere in der veränderten Bedeutung der Familie, dem gestiegenen Stellenwert der wirtschaftlichen Unabhängigkeit von Mann und Frau, der Rolle und Dauer der Ausbildung, der Individualisierung und Auflösung tradierter sozialer Strukturen sowie im Bedeutungsverlust sozialer Autoritäten wider. Angesichts der Gleichzeitigkeit gegenläufiger und kleinräumiger heterogener demographischer Entwicklungen, die auch innerhalb der einzelnen Länder stattfinden, plädierte Gans für einen Paradigmenwechsel in der Raumplanung. „Siedlungen und Infrastrukturen müssen auch in Schrumpfungsräumen an die quantitativ und qualitativ veränderten Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft angepasst werden. Ein

Information

Die Deutsche Geodätische Kommission (DGK) bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften vertritt seit ihrer Gründung 1952 die geodätische Forschung und Lehre in Deutschland. Zu ihren Aufgaben gehört u. a. die wissenschaftliche Forschung auf allen Gebieten der Geodäsie – von der Erdmessung und Erdbeobachtung über die Ingenieurgeodäsie und die Photogrammetrie bis hin zur Kartographie, Geoinformatik und zum Landmanagement.

Die DGK greift regelmäßig neue Themenfelder auf, die aus wissenschaftlicher bzw. gesellschaftlicher Sicht für die Geodäsie eine hohe Bedeutung besitzen. Der Globale Wandel, der im Fokus des hier vorgestellten Workshops stand, ist ein solches Thema, das viele Menschen direkt oder indirekt berührt und unsere Lebensumstände deutlich verändern wird.

wichtiges Handlungsfeld ist hierbei die Daseinsvorsorge: Das System der zentralen Orte muss weiterentwickelt werden, um deren wirtschaftliche Tragfähigkeit, Versorgungsqualität und Erreichbarkeit für eine alternde Gesellschaft in allen Teilräumen zu erhalten.“

Herausforderungen für den ländlichen Raum

Den letzten Vortrag des Workshops hielt Gerlind Weber vom Institut für Raumplanung und Ländliche Neuordnung der Wiener Universität für Bodenkultur. Sie sprach über „Aktuelle Herausforderungen ländlicher Räume – Konsequenzen für das Bodenmanagement“ und stellte vor allem die Belange des ländlichen Raumes in Deutschland und Österreich in das Zentrum ihrer Überlegungen, insbesondere die Konsequenzen von Globalisierung, demographischem Wandel, Klimaschutz und Energiewende sowie Staatsverschuldung. Ähnlich wie Paul Gans betonte sie die Notwendigkeit, Strategien der Raumplanung und des Bodenmanagements stringent auf die neuen Rahmenbedingungen und die sich abzeichnenden veränderten Bedarfslagen auszurichten. „Die Möglichkeit der Schrumpfung und damit die Notwendigkeit von Anpassung und Rückbau etwa bei der Ausweisung neuer Siedlungs- und Gewerbeflächen muss von Anfang an mit bedacht werden“, meinte Weber. „Vor diesem Hintergrund ist auch die Bautätigkeit neu zu bewerten. So wird etwa der Um- und Rückbau bestehender Anlagen zukünftig vielfach wichtiger werden als der Neu- und Ausbau, und das Bodenmanagement wird sich immer mehr zum Immobilienmanagement wandeln.“ „Hinzu kommt“, so Weber weiter, „dass die Globalisie-

rung für einen schärferen Wettbewerb zwischen den Regionen und vor allem zwischen Städten und Gemeinden sorgen wird.“ Neben den bisherigen Funktionen wachsen dem ländlichen Raum indessen zukünftig auch neue Aufgaben zu, etwa als Standort für den Anbau nachwachsender Rohstoffe und für die Erzeugung erneuerbarer Energien oder als Senke für Treibhausgase. „Die zusätzlichen Funktionen werden neue Möglichkeiten der regionalen Wertschöpfung schaffen und damit Entwicklungsimpulse bewirken“, ist Weber sicher. Zugleich ist aufgrund der neuen Flächenansprüche und Nutzungskonkurrenzen voraussichtlich mit höheren Preisen für Grund und Boden sowie mit erheblichen Nutzungskonflikten mit der Nahrungsmittelproduktion zu rechnen.

Fazit

Der Workshop zeigte, dass geodätische Forschungen, Methoden und Kompetenzen für viele Herausforderungen des Globalen Wandels von hoher Bedeutung sind. Die Geodäsie stellt den Bezugsrahmen und die Messverfahren zur Verfügung, ohne die viele Effekte des Globalen Wandels gar nicht oder nicht mit der notwendigen Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Vollständigkeit und Aktualität erfasst, analysiert und interpretiert werden können. Dasselbe gilt, wenn es für Fahrerassistenzsysteme oder beim autonomen Fahren um Erfassung und Repräsentation statischer und dynamischer Objekte geht. Schließlich bedarf es in Zeiten des Klimawandels, zur Nahrungsmittel- und Energiesicherung sowie angesichts tiefgreifender demografischer Veränderungen verlässlicher Szenarien und Strategien für eine nachhaltige Nutzung der begrenzten Ressource Grund und Boden.

Diese Beispiele unterstreichen, dass alle Bereiche der Geodäsie einen Beitrag zur Erfassung, zur Beschreibung und zum Verständnis des Globalen Wandels sowie zur Bewältigung der damit verbundenen Herausforderungen liefern. Was bisher jedoch weitgehend fehlt, ist eine Darstellung des Gesamtbeitrages der Geodäsie zur Erforschung des Globalen Wandels. Die Deutsche Geodätische Kommission ist daher bestrebt, die Diskussion sowohl zwischen den Teilbereichen der Geodäsie als auch mit den Nachbardisziplinen zu intensivieren. Ziel ist es, das Verständnis der Rolle der Geodäsie im Globalen Wandel zu verbessern. ■

DIE AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke ist Professor für Photogrammetrie und Fernerkundung an der Leibniz Universität Hannover und Vorsitzender der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Prof. Dr.-Ing. Theo Kötter (Lehrstuhl für Städtebau und Bodenordnung an der Uni Bonn), Prof. Dr.-Ing. Jürgen Kusche (Lehrstuhl für Astronomische, Physikalische und Mathematische Geodäsie, Uni Bonn) und Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Niemeier (Lehrstuhl für Geodäsie, TU Braunschweig) sind Mitglieder der Deutschen Geodätischen Kommission.

Nachwuchsförderung

Germanistik, Medizin, Künstliche Intelligenz: Neue Mitglieder im BAdW-Förderkolleg

Anfang März 2012 traten sechs neue Mitglieder in das Förderkolleg der Akademie für den wissenschaftlichen Nachwuchs in Bayern ein. „Akademie Aktuell“ stellt sie in dieser und der kommenden Ausgabe vor.

DR. KATRIN DENNERLEIN (Jg. 1977) studierte Neuere deutsche Literaturwissenschaft, Soziologie und Theaterwissenschaft in München und Paris. Sie wurde 2009 promoviert, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Computerphilologie und Neuere deutsche Literaturgeschichte der Universität Würzburg und vertritt 2011/2012 die Juniorprofessur für Neuere deutsche Literaturwissenschaft und Medien an der Universität Bayreuth. Im BAdW-Förderkolleg ist sie mit folgendem Vorhaben vertreten: „Das Komische in der deutschsprachigen Komödie des 18. Jahrhunderts. Erscheinungsformen und Funktionswandel“.

Worum geht es in Ihrem Forschungsvorhaben allgemein?

Ich untersuche Erscheinungsweisen und Funktionswandel des Komischen in der deutschsprachigen Komödie im 18. Jahrhundert. Neue Forschungsergebnisse erhoffe ich mir dabei zum einen von einer Erweiterung des Komödienkorpus: Bisher konzentrierte sich die germanistische Literaturwissenschaft auf norddeutsche Literaturkomödien, ich beziehe auch die Haupt- und Staatsaktionen der Wanderbühnen, das Wiener Volksstück, Opernlibretti und das Unterhaltungsstück um 1800 in meine Untersuchung zum Komischen mit ein. Zum anderen möchte ich verstärkt Adaptionen und Übersetzungen fremdsprachiger Stücke berücksichtigen und auch die Frage stellen, ob sich die Einbindung der Texte in kulturelle Praktiken (Aufführungskontexte, Schauspielwesen, Verknüpfung mit Musik und Tanz) auf die Klassifikation einzelner Textstellen oder ganzer Stücke als komisch auswirkt.

Woran arbeiten Sie aktuell?

Momentan beschäftige ich mich mit verschiedenen Komikdefinitionen und den Implikationen ihrer kognitiven, emotionalen und funktionalen Elemente für meine Textanalysen. In den nächsten drei Monaten möchte ich das Kapitel zur Wanderbühne im 17. und 18. Jahrhundert schreiben. Ich setze mich auch mit Konzepten der Literaturgeschichtsschreibung auseinander, um die Auswahl von Texten und die Gesamtkonzeption der Arbeit zu begründen.

Neben diesen Arbeiten an meinem Habilitationsprojekt plane ich zusammen mit Elisabeth Böhm von der Universität Bayreuth eine Tagung zum Bildungsroman im literarischen Feld und mit Maximilian Benz von der Universität Zürich eine Tagung zu den Räumen der Herkunft in Erzähltexten von der Antike bis heute, die im April und Juni 2013 in Bayreuth bzw. Würzburg stattfinden werden.

In Kooperation mit dem Deutschen Textarchiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften arbeite ich zudem an einer digitalen Historisch-Kritischen Edition des „Peter Schlemihl“ von Adelbert von Chamisso.

Was erwarten Sie von der Mitgliedschaft im Förderkolleg der Bayerischen Akademie der Wissenschaften?

Austausch mit Wissenschaftlern der eigenen und fremder Disziplinen über wissenschaftliche und institutionelle Aspekte. Die Möglichkeit, Einblick in die Arbeit der Kommissionen zu erhalten. Gemeinsame Tagungs- und Forschungsprojekte mit Mitgliedern des Förderkollegs.

Wie kamen Sie zu Ihrem Fachgebiet/ Forschungsfeld?

Für mein Habilitationsprojekt habe ich nach einem Thema gesucht, bei dem ich bisher wenig berücksichtigte Texte untersuchen kann, die von hoher sozialgeschichtlicher Relevanz sind. Das Theater im 18. Jahrhundert ist auf einzigartige Weise mit dem gesellschaftlichen Leben verbunden; und gerade die komischen Stücke, die einen größeren Anteil am Spielplan ausmachen, sind gegenüber den Tragödien in der Forschung unterrepräsentiert. Emotionale und andere wirkungsbezogene Aspekte von Literatur und Fragen der Literaturgeschichtsschreibung, die



derzeit (wieder) verstärkt in das Zentrum des Interesses der Geistes- und Kulturwissenschaften rücken, lassen sich hervorragend mit diesem historischen Material verknüpfen, so dass sich auch vielfältige Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit Kollegen ergeben.

Welche Stationen Ihrer bisherigen wissenschaftlichen Laufbahn waren Ihnen rückblickend besonders wichtig?

Während des Studiums hatte ich die Möglichkeit, bei vielen beeindruckenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu lernen, die avancierte theoretische Zugänge zu ihren Forschungsfeldern hatten und zum Großteil bereits auf eine lange wissenschaftliche Karriere zurückblicken konnten. Während meines Fellowships am Berliner Exzellenzcluster „Topoi“ konnte ich einerseits meine Überlegungen zur Narratologie des Raumes an historisch weit entfernten Texten erproben und ein Projekt zur historischen Narratologie entwickeln. Andererseits habe ich Kontakte zu Wissenschaftlern vertieft bzw. neu geknüpft, aus denen sich Kooperationen in Forschung und Lehre ergeben haben. Meine Tätigkeiten an den germanistischen Instituten in Darmstadt, Würzburg und Bayreuth haben meine Vorstellungen davon geprägt, wie ich Lehre und institutionelle Zusammenarbeit in der Universität gestalten möchte.

Welches Berufsfeld hätte Sie – außer der Wissenschaft – gereizt?

Das Lehramt, weil es die Möglichkeit bietet, sich mit Fachinhalten zu beschäftigen und junge Menschen auf ihrem Lebensweg zu begleiten.

Haben Sie ein wissenschaftliches Vorbild?

Vorbilder sind für mich diejenigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die historische Problemkonstellationen und Veränderungen mit theoretisch durchdachten Konzepten bearbeiten.

Welche persönlichen Eigenschaften sind bei Ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit besonders wichtig? Was schätzen Sie an Ihrer Tätigkeit?

Ich schätze an meiner Arbeit die Möglichkeit, mich mit so komplexen und faszinierenden menschlichen Kulturleistungen wie Literatur und Theater auseinandersetzen zu können. Dabei sind für mich vor allem Fragen nach den Möglichkeiten und Grenzen der Rekonstruktion von historisch produziertem Sinn reizvoll. Wichtig ist

für mich das richtige Verhältnis von Zeit zu eigener konzentrierter Arbeit und der Möglichkeit, Ideen im Gespräch mit anderen zu diskutieren.

Persönliche Eigenschaften, die für diese wissenschaftliche Tätigkeit besonders wichtig sind, sind die Begeisterung für die Inhalte (Karrierewillen alleine reicht nicht), Gründlichkeit, die Fähigkeit, Prioritäten zu setzen, ein gutes Selbstvertrauen und Kritikfähigkeit.

Was wünschen Sie sich für Ihre berufliche Zukunft?

Eine Stelle, die von Nürnberg aus so gut zu erreichen ist, dass ich noch Zeit für meine Familie habe. Einen Kollegenkreis, mit dem man gemeinsam an Problemen arbeiten kann. Eine Stelle, die mir Zeit zum Forschen ermöglicht und ein angemessenes Gehalt bietet.

Wie beurteilen Sie die aktuellen Veränderungen in der deutschen Wissenschaftslandschaft?

Verschulung des Studiums: In einem Massenfach wie der Germanistik ist es sehr angenehm, dass das Gros der weniger interessierten und engagierten Studierenden nur eine begrenzte Zeit an der Universität verbringt. Allerdings reduziert sich in denjenigen Studiengängen, in denen keine Punkte für die Literaturlektüre vergeben werden, das literaturgeschichtliche Wissen so stark, dass ein Unterricht über Schulniveau kaum noch möglich ist. Die Frage der kommenden Jahre wird sein, wie man literaturgeschichtliches Wissen und Sprachfertigkeit sichert.

Juniorprofessur: In der Germanistik hat sie die Habilitation nicht ersetzt. Die Bewerbung auf eine Juniorprofessur ist demnach nur dann sinnvoll, wenn man mit seiner Habilitation schon recht weit ist, weil die Anforderungen in der Lehre, in der Betreuung und in der publikationsorientierten Forschung so hoch sind, dass für ein Habilitationsprojekt kaum Zeit bleibt.

Was machen Sie gerne, wenn Sie nicht forschen?

Zeit mit meinem Mann und meiner dreijährigen Tochter verbringen, ins Theater gehen, joggen, wandern, Bratsche spielen, lesen. ■

PD DR. MED. KILIAN EYERICH, Ph. D. (Jg. 1979) studierte Medizin in Würzburg und München. Er wurde 2006 zum Dr. med. promoviert, erwarb 2009 seinen Ph. D. und ist als Assistenzarzt in der Klinik für Dermatologie und Allergologie am Biederstein der TU München tätig. Im BAdW-Förderkolleg forscht er zum Thema „Schuppenflechte und Neurodermitis: gestörten Signalwegen auf der Spur“.

Worum geht es in Ihrem Forschungsvorhaben allgemein?

Wir möchten die Volkskrankheiten atopisches Ekzem („Neurodermitis“) und Psoriasis („Schuppenflechte“) verstehen. Diese beiden chronisch-entzündlichen Hauterkrankungen werden durch gegensätzliche spezialisierte Immunzellen, so genannte T-Helferzellen, ausgelöst. Hier an der dermatologischen Klinik am Biederstein der TU München haben wir in internationalen Kooperationen einige der sehr seltenen Patienten identifiziert, die trotz grundsätzlicher Gegensätzlichkeit an beiden Krankheiten gleichzeitig leiden. Diese Patienten bieten uns die Chance, bisherige Barrieren in der Aufklärung der Pathophysiologie des Ekzems und der Psoriasis zu überwinden. Diese Barrieren waren dadurch bedingt, dass man Hautproben unterschiedlicher Patienten einfach nicht vergleichen kann. Was aber gleichzeitig im selben Patienten passiert – davon bin ich überzeugt –, wird uns verraten, was Psoriasis und Ekzem wirklich ausmacht. Dieses Wissen stellt die Basis für die Entwicklung moderner und spezifischer Medikamente dar.

Woran arbeiten Sie aktuell?

Wir haben Psoriasis-Patienten, die gleichzeitig eine Nickel-Kontaktallergie haben, Hautproben von Psoriasis und Nickel-Ekzemen entnommen. Aus diesen haben wir in der Zellkultur die verursachenden T-Helferzellen isoliert und charakterisiert; außerdem vergleichen wir gerade sämtliche in beiden Hautkrankheiten veränderten Gene durch moderne Genom-Analysen.

Was erwarten Sie von der Mitgliedschaft im Förderkolleg der Bayerischen Akademie der Wissenschaften?

Einige meiner Erwartungen sind bereits voll erfüllt worden – so das Kennenlernen und der Austausch mit viel versprechenden jungen Kollegen anderer wissenschaftlicher Fachgebiete. Ich erhoffe mir, in Zukunft auch einige ordentli-

che Mitglieder der Akademie besser kennen zu lernen und von deren immenser Erfahrung zu profitieren.

Wie kamen Sie zu Ihrem Forschungsfeld?

Arzt wollte ich schon werden, solange ich denken kann. Zu meinem Schwerpunktinteresse bin ich gelangt, da ich selbst unter Neurodermitis leide. Dieser Umstand bedingt meine grundsätzliche Neugier, wie es zu dem quälenden Juckreiz und der Entzündung der Haut kommt – und natürlich möchte ich irgendwann erreichen, mit meinen Forschungsergebnissen mir und anderen Betroffenen helfen zu können.

Welche Stationen Ihrer bisherigen wissenschaftlichen Laufbahn waren rückblickend prägend?

Vor allem die Postdoktoranden-Zeit in Rom, aber nicht zuletzt auch die Situation ein Jahr nach der Rückkehr – also die Zeit, in der man wirklich selbst entscheidet, wo es hingehen soll.

Welches Berufsfeld hätte Sie – außer der Wissenschaft – gereizt?

Ich genieße hundertprozentig die universitäre Dreiteilung in der Medizin aus Forschung, Lehre und Klinik. Die Patientenversorgung ist mein Traumberuf, dem ich immer nachgehen möchte.

Haben Sie ein wissenschaftliches Vorbild?

Eigentlich nicht. Natürlich bewundere ich viele Größen meines Faches und einige Universalgelehrte für ihre Fähigkeit, im richtigen Moment über existierende Schemata hinauszublicken und Zusammenhänge zu erkennen. Aber ich bin davon überzeugt, dass Nacheifern aus zwei Gründen nicht sinnvoll ist: dem Zufall und den heutigen wissenschaftlichen Bedingungen.

Welche persönlichen Eigenschaften sind bei Ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit besonders wichtig? Was schätzen Sie an Ihrer Tätigkeit?

Wichtig sind Frustrationstoleranz und die Überzeugung, etwas Sinnvolles zu tun. Ich schätze die seltenen und kurzen Momente, in denen etwas Neues und vermeintlich Bedeutendes gelingt.

Was wünschen Sie sich für Ihre berufliche Zukunft?

Mehr solcher Momente.



Wie beurteilen Sie die aktuellen Veränderungen in der deutschen Wissenschaftslandschaft?

Im Grundsatz begrüße ich die Einstellung, Eliten gezielt zu fördern. Die großzügige Förderung einiger Weniger bedingt aber automatisch Gemauschel und Politisieren. Die Schnellebigkeit der heutigen Wissenschaftslandschaft mit dem resultierenden enormen Publikationsdruck sehe ich äußerst kritisch.

Was machen Sie gerne, wenn Sie nicht forschen?

Seit ich zwei kleine Kinder habe, sind meine Hobbys erstaunlich deckungsgleich mit dem, was Zwei- und Dreijährigen gefällt.



PROF. DR. ALEXANDRA KIRSCH (Jg. 1980) studierte Informatik an der TU München und wurde 2008 promoviert. Sie leitet eine unabhängige Nachwuchsgruppe an der TU München und ist Juniorprofessorin für Medieninformatik an der Universität Tübingen. Im BAdW-Förderkolleg ist sie mit dem Forschungsvorhaben „Human-Centered Artificial Intelligence“ vertreten.

Worum geht es in Ihrem Forschungsvorhaben allgemein?

Das Ziel meiner Arbeit ist es, technische Systeme für Menschen besser verständlich zu machen. Dabei werden Verfahren der künstlichen Intelligenz eingesetzt und weiterentwickelt und im Hinblick auf ihre Nützlichkeit in Alltagssituationen evaluiert. Mein Hauptanwendungsgebiet waren bisher autonome Roboter, aber auch für Software-Anwendungen gibt es großes Potential, die Nutzbarkeit durch intelligentes Systemverhalten zu erhöhen.

Woran arbeiten Sie aktuell?

Ein Thema in meiner Arbeitsgruppe ist die Navigation von Robotern in Umgebungen, in denen sich Menschen bewegen. Die Herausforderungen dabei liegen nicht nur in der intelligenten Steuerung des Roboters, sondern auch darin, herauszufinden, welches Verhalten für Menschen am einfachsten verständlich ist. Wir evaluieren zudem das fertige Navigationsverhalten des Roboters. Eine weitere Fragestellung ist, wie Roboter aufgrund ihres Wissens automatisch Fehler erkennen können. Ein Roboter sollte den Tagesablauf und einzelne Aktionen von Personen soweit verstehen, dass er beispielsweise selbst schlussfolgern kann, dass es ein Fehler ist, wenn einer Person ein Gegenstand aus der Hand fällt. Solche Fehler kann man heute bereits abprüfen,

allerdings muss jeder mögliche Fehler von Hand einprogrammiert werden. Bei unserem Ansatz soll ein Roboter Hintergrundwissen verwenden und aus Beobachtungen den normalen Ablauf lernen, um daraus auf ungewöhnliche Ereignisse zu schließen.

Was erwarten Sie von der Mitgliedschaft im Förderkolleg der Bayerischen Akademie der Wissenschaften?

Ich finde es immer spannend, Einblicke in andere Wissenschaftsgebiete zu bekommen. Es ist oft überraschend, welche Fragen noch nicht oder kaum erforscht sind und was die Probleme dabei sind. Durch die Kolloquien und Kaminabende kommt man sehr leicht in Berührung mit Themen, zu denen man sich noch nie Gedanken gemacht hat – und das weitet nicht nur den Horizont, sondern gibt auch Ideen für Anwendungsgebiete oder Herangehensweisen in meiner eigenen Forschung. Außerdem finde ich es schön, mit Leuten in Kontakt zu kommen, die in einer ähnlichen Situation in ihrer Karriere sind wie ich. Wir alle müssen uns mit unserer Rolle als Wissenschaftler, dem Einwerben von Drittmitteln und der weiteren Karriereplanung beschäftigen, und es hilft, wenn man dabei nicht allein ist.

Wie kamen Sie zu Ihrem Fachgebiet?

Als ich in der 11. Klasse war, gab mir mein Vater das Buch „Gödel, Escher, Bach“ von Douglas Hofstadter zum Lesen. Seitdem fasziniert es mich, dass scheinbar einfache menschliche Fähigkeiten sehr schwer in technischen Systemen implementiert werden können. Daher habe ich in meinem Studium jede Veranstaltung zum Thema künstliche Intelligenz besucht und bin so auch zu meinem Promotionsthema gekommen. Nach der Promotion habe ich den Aspekt Mensch – sowohl als „Vorlage“ für intelligente Systeme als auch als Anwender derselben – für mich entdeckt und stärker in den Mittelpunkt gerückt. Die Einblicke, die ich durch die Zusammenarbeit mit Neurologen und Psychologen und durch die entsprechende Literatur bekommen habe, eröffnen neue interessante Perspektiven.

Welche Stationen Ihrer bisherigen wissenschaftlichen Laufbahn haben Sie rückblickend geprägt?

Besonders prägend war meine berufliche Station außerhalb der Wissenschaft, als ich als Unternehmensberaterin gearbeitet habe. Obwohl ich festgestellt habe, dass Beratung nicht die richtige Tätigkeit für mich ist, habe ich in dieser Zeit

sehr viel gelernt, was mir jetzt in meiner wissenschaftlichen Laufbahn von großem Nutzen ist.

Welches Berufsfeld hätte Sie – außer der Wissenschaft – gereizt?

Im Nachhinein wäre etwas im Bereich Luft- und Raumfahrt für mich interessant gewesen. Ich finde Flughäfen ungemein spannend und habe eine Zeitlang die Entwicklungen in der Raumfahrt genauer verfolgt.

Haben Sie ein wissenschaftliches Vorbild?

Ein spezielles Vorbild habe ich nicht. Ich versuche, von den Wissenschaftlern zu lernen, die mich in meiner bisherigen Karriere unterstützt und begleitet haben.

Welche persönlichen Eigenschaften sind bei Ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit besonders wichtig? Was schätzen Sie an Ihrer Tätigkeit?

Ich denke, es ist besonders wichtig, ein „dickes Fell“ zu haben. Die eigene Arbeit wird ständig in irgendeiner Form bewertet, sei es bei Veröffentlichungen, Anträgen, Evaluationen oder Berufungsverfahren. Natürlich werden dabei je nach fachlichem Hintergrund und je nach Verfügbarkeit von Ressourcen verschiedene Maßstäbe angelegt, so dass man mit sehr viel Kritik konfrontiert wird.

Besonders gefällt mir, dass ich sehr viel Freiheit habe, wie ich meine Arbeit angehe und welche Themen ich bearbeite. Außerdem finde ich die Zusammenarbeit mit anderen Menschen sehr spannend. Jeder Student und Doktorand ist verschieden, und es ist jedes Mal eine neue, spannende Herausforderung, die individuellen Stärken für das bestmögliche Ergebnis auszunutzen.

Was wünschen Sie sich für Ihre berufliche Zukunft?

Ich wünsche mir, dass ich meine Arbeit langfristig fortsetzen kann, was mit einer unbefristeten Professur am besten möglich wäre.

Wie beurteilen Sie die aktuellen Veränderungen in der deutschen Wissenschaftslandschaft?

Ich finde es bedauerlich, dass immer mehr versucht wird, wissenschaftliche Leistung messbar zu machen. Es ist natürlich verständlich, dass die Steuerzahler einen Beleg dafür haben möchten, dass ihr Geld sinnvoll eingesetzt wird. Die Quantifizierung von Wissenschaft setzt allerdings Anreize für kurzfristig angelegte Forschungsleistungen, die nur wenig dazu beitragen, ein größeres Verständnis für Sachverhalte

zu bekommen. Eine langfristige Beschäftigung mit einem Thema, bei dem die Ergebnisse vielleicht erst nach einigen Jahren sichtbar werden und wo sich auch herausstellen kann, dass eine untersuchte Methode nicht zum gewünschten Ziel führt, ist gerade für junge Wissenschaftler ein unkalkulierbares Risiko.

Was machen Sie gerne, wenn Sie nicht forschen?

Mein Freund und ich trainieren seit einigen Jahren im Bereich Turniertanz. Außerdem versuche ich, meine Sprachkenntnisse in Französisch und Spanisch nicht ganz einrostet zu lassen. Und zur Entspannung stricke ich warme Wintersocken. ■

INTERVIEWS

Die Fragen stellte Dr. Ellen Latzin. Sie leitet die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Hinweis

Nachwuchsförderung in der Akademie

Wissenschaftlicher Dialog, Interdisziplinarität und generationenübergreifende Zusammenarbeit zwischen etablierten und jungen Forschern: Diese Ziele verfolgt die Bayerische Akademie der Wissenschaften mit ihrem 2010 gegründeten Förderkolleg. Es bietet hervorragenden jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Bayern:

- wissenschaftlichen Freiraum außerhalb der Universitäten
- finanzielle Unterstützung in Form von Stipendien
- ein hochkarätiges Forum zum Austausch untereinander und mit den Akademiemitgliedern

Wissenschaft lebt vom Dialog. Die Kollegiatinnen und Kollegiaten nehmen daher jährlich an einer Reihe von Veranstaltungen teil bzw. organisieren diese eigenverantwortlich:

- Fachvorträge
- interdisziplinäre Kolloquien
- regelmäßige Treffen mit dem Akademiepräsidenten und den Mentoren
- Kaminabende zu wissenschaftlichen Themen

Die Mitgliedschaft im Förderkolleg wird regelmäßig ausgeschrieben. Weitere Informationen, auch zu den Mitgliedern und ihren Forschungsprojekten, finden Sie unter www.badw.de/foerderkolleg/

Akademie intern

Kurz notiert

VON GISELA VON KLAUDY

Runde Geburtstage

90 Jahre

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Karl Stackmann, Deutsche Philologie, am 21. März 2012.

Prof. em. Dr. med. Dr. h. c. Otto Braun-Falco, Dermatologie und Venerologie, am 25. April 2012.

Prof. em. Dr. med. Ernst J. M. Helmreich, Physiologische Chemie, am 1. Juli 2012.

85 Jahre

Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h. c. Otto Meitinger, Träger der Medaille bene merenti, am 8. Mai 2012.

Prof. em. Dr. Manfred Eigen, Biophysikalische Chemie, am 9. Mai 2012.

Prof. Dr. Christopher N. L. Brooke, CBE, FBA, em. Dixie Professor of Ecclesiastical History, am 23. Juni 2012.

Prof. Andrew Streitwieser, Ph. D., em. Professor of The Graduate School, am 23. Juni 2012.

Prof. em. Dr. Hermann Haken, Theoretische Physik, am 12. Juli 2012.

80 Jahre

Prof. em. Dr. Burghart Wachinger, Deutsche Philologie, am 10. Juni 2012.

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Benno Parthier, Molekularbiologie, am 21. August 2012.

75 Jahre

Prof. em. Dr. Markus Schwoerer, Physik, am 9. März 2012.

Prof. em. Dr. Dr. sc. e. h. August Böck, Mikrobiologie, am 23. April 2012.

Prof. em. Dr. Dr. h. c. mult. Claus-Wilhelm Canaris, Bürgerliches Recht, Handels- und Arbeitsrecht sowie Rechtsphilosophie, am 1. Juli 2012.

Prof. em. Dr. Otto Forster, Mathematik, am 8. Juli 2012.

Prof. a. D. Dr. Walter Ziegler, Bayerische Geschichte, am 16. Juli 2012.

Prof. a. D. Dr. Dr. h. c. Waldemar Adam, Organische Chemie, am 26. Juli 2012.

Prof. em. Dr. Günther Jakobs, Strafrecht, Strafprozessrecht und Rechtsphilosophie, am 26. Juli 2012.

70 Jahre

Prof. em. Dr. Helmut Schwichtenberg, Mathematik, am 5. April 2012.

Prof. em. Dr. Peter Zieme, Turkologie, am 19. April 2012.

Prof. a. D. Dr. Walter Koch, Geschichtliche Hilfswissenschaften, am 22. April 2012.

Prof. em. Dr. Dr. h. c. mult. Franz Hofmann, Pharmakologie und Toxikologie, am 21. Mai 2012.

Prof. em. Dr. Dr. h. c. mult. Bert Sakmann, Neurophysiologie, am 12. Juni 2012.

Prof. em. Dr. Peter Stotz, Lateinische Philologie des Mittelalters, am 28. Juni 2012.

65 Jahre

Prof. Dr. Christoph Bräuchle, Physikalische Chemie, am 12. März 2012.

Prof. Dr. Ulrich Manthe, Bürgerliches und Römisches Recht, am 8. April 2012.

Prof. Dr. Martha C. Nussbaum, Ernst Freund Distinguished Service Professor of Law and Ethics, am 6. Mai 2012.

Prof. Dr. Herbert Mayr, Organische Chemie, am 8. Juni 2012.

Verstorben

Prof. Dr. h. c. mult. Jean Leclant, Ägyptologie, * 8. August 1920, † 16. September 2011.

Dr. Hartmut Berndt, ehem. wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Kommission für Tieftemperaturforschung, * 2. Februar 1928, † 3. März 2012.

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Friedrich Hirzebruch, Mathematik, * 17. Oktober 1927, † 27. Mai 2012.

Ehrendoktorwürden

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Bernd Schünemann, Strafrecht, Strafprozessrecht, Rechtsphilosophie und Rechtssoziologie, Ehrendoktorwürden der Nationalen Universität, Athen und der Universität San Martin de Porres, Lima.

Mitgliedschaften

Prof. Dr. Alexander Borst, Biologie, Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina.

Prof. Dr. Reinhard Genzel, Physik, Auswärtiges Mitglied der Royal Society of London.

DIE AUTORIN

Gisela von Klaudy ist Mitarbeiterin der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Prof. Dr. Uwe Jannsen, Mathematik, Mitglied der Academia Europaea.

Prof. Dr. Hans Keppler, experimentelle Geophysik, Geochemistry Fellow der Geochemical Society und der European Association of Geochemistry, sowie Mitglied im Ausschuss für Forschungsinfrastrukturen des Wissenschaftsrates.

Prof. Dr. Rolf Schönberger, Philosophie, Externes Mitglied des Hochschulrates der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt.

Prof. Dr. med. Markus Schwai-ger, Medizin, Berufung in den Stiftungsrat der Wilhelm Sander-Stiftung.

Prof. Dr. Peter Thiergen, Slavische Philologie, Korrespondierendes Mitglied der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften.

Orden, Preise und Ehrungen

Prof. Jutta Allmendinger, Ph. D., Bildungssoziologie und Arbeitsmarktforschung, Soroptimist Deutschland Förderpreis.

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Roland Bulirsch, Höhere und Numerische Mathematik, Großer Sudetendeutscher Kulturpreis.

Prof. Dr. Reinhard Genzel, Physik, Crafoord-Preis in Astronomie 2012 der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften.

Prof. Dr. Dr. h. c. Friedrich Wilhelm Graf, Systematische Theologie und Ethik, Verdienstkreuz am Bande der Bundesrepublik Deutschland.

Prof. Dr. Dr. med. Dr. med. habil. F. Ulrich Hartl, Physiologische Chemie, Shaw Prize in Life Sciences and Medicine.

Prof. em. Dr. med. Ernst J. M. Helmreich, Physiologische Chemie, Ehrensensator der Universität Würzburg.

Prof. a. D. Dr. Dr. h. c. Bert Hölldobler, Zoologie, Röntgenmedaille der Universität Würzburg.

Prof. em. Dr.-Ing., Dr. h. c. mult. Siegfried Hünig, Organische Chemie, Ehrensensator der Universität Würzburg.

Prof. Dr. Regine Kahmann, Genetik, TUM Distinguished Affiliated Professor.

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Klaus von Klitzing, Physik, TUM Distinguished Affiliated Professor.

Prof. Dr. med. Markus Schwaiger, Medizin, Advanced Grant des Europäischen Forschungsrates.

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Joachim Ernst Trümper, Physiologische Chemie, Orden der Aufgehenden Sonne mit Goldenen Strahlen am Halsband.

Ausgeschiedene Mitarbeiter

Manfred Schön, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Kommission für Sozial- und Wirtschaftsgeschichte, am 31. März 2012.

Dr. Claudia Kraus, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Kommission für die Herausgabe eines altokzitanischen Wörterbuches, am 30. April 2012.

Hermann Langner, technischer Mitarbeiter am LRZ, am 30. April 2012.

Neue Mitarbeiter

Dr. Tanja Kohwagner-Nikolai, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Kommission für die Herausgabe der Deutschen Inschriften des Mittelalters und der frühen Neuzeit, am 1. April 2012.

Annette Butenschön, Verwaltungsmitarbeiterin am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ), am 1. Juni 2012.

Mohamadou Nassourou, Mitarbeiter im Forschungsreferat der Akademieverwaltung, am 1. Juli 2012.

Dienstjubiläen

25-jähriges Dienstjubiläum

Dr. Ilse Reineke, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Kommission für die Herausgabe des Thesaurus linguae Latinae, am 1. April 2012.

Dr. Markus Wesche, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kommission für das Repertorium „Geschichtsquellen des deutschen Mittelalters“, am 28. Juni 2012.

Dr. Friedrich Spoth, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kommission für die Herausgabe des Thesaurus linguae Latinae, am 8. Juli 2012.

Weitere Personalien

Prof. Dr. Gerrit Walther, Neuere Geschichte, Präsident der Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Dr. Volker Weinberg, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LRZ, Vertreter der Math.-nat. Klasse im Sprecherkollegium der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Reinhard Zimmermann, Bürgerliches Recht, Römisches Recht und Historische Rechtsvergleichung, Präsident der Studienstiftung des deutschen Volkes.

Zum 1. Januar 2013 tritt Peter Strohschneider als Nachfolger von Matthias Kleiner das Amt als Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft an. Er hat – nach Professuren an der TU Dresden, in Paris und Tübingen – seit 2002 den Lehrstuhl für Germanistische Mediävistik an der LMU München inne und ist seit 2010 Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Von 2006 bis 2011 war er Vorsitzender des Wissenschaftsrats.



Oktober bis November 2012

OKTOBER 2012

Montag, 1. Oktober 2012

**Verschüttete Brücken:
Trier sucht nach seiner Vergangenheit**

Vortrag von Prof. Dr. Wilfried Stroh (LMU München) in der Reihe „Brücken und Übergänge“, organisiert vom Sprecherkollegium der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BAdW

Plenarsaal

16.00 Uhr

Dienstag, 9. bis Donnerstag, 11. Oktober 2012

**Ludwig der Bayer (1314–1347).
Reich und Herrschaft im Wandel**

Internationale Fachtagung des Historischen Seminars der LMU München, der Kommission für bayerische Landesgeschichte bei der BAdW und des Arbeitskreises Stadtgeschichte München

Historisches Kolleg

Kaulbachstr. 15, 80539 München

ganztägig

Anmeldung:
h.seibert@mg.fak09.uni-muenchen.de

Dienstag, 9. Oktober 2012

**Kaiser Ludwig IV. (1314–1347) –
Europas bayerische Jahre**

Vortrag von Prof. Dr. Michael Menzel (HU Berlin), in Kooperation mit dem Historischen Verein von Oberbayern

Plenarsaal

19.30 Uhr

Mittwoch, 10. Oktober 2012

**Israel und seine arabischen Nachbarn –
der Nahe Osten im Jahr nach dem
„Arabischen Frühling“**

Podiumsdiskussion in der Reihe „aktuell & kontrovers“ und in Kooperation mit der Hanns-Seidel-Stiftung; mit Richard Asbeck (HSS, Israel/Palästinensische Gebiete), Prof. Dr. Michael Brenner (LMU/BAdW) und Dr. Guido Steinberg (Stiftung Wissenschaft und Politik), Moderation: Dr. Clemens Verenkotte, Bayerischer Rundfunk

Plenarsaal

18.00 Uhr

Donnerstag, 11. bis Freitag, 12. Oktober 2012

Geschichte der Wissenschaftsgeschichte

Internationale Tagung der Kommission für Wissenschaftsgeschichte, Organisation: Prof. Dr. Friedrich Wilhelm Graf (LMU München/BAdW) und Prof. Dr. Paul Ziche (Utrecht)

*Carl Friedrich von Siemens Stiftung
Südliches Schloßbrondell 23*

80638 München

ganztägig

Nur mit Anmeldung:
ethik@evtheol.uni-muenchen.de

Montag, 15. Oktober 2012

**Vom freien Leben in die Sesshaftigkeit:
Warum wurde der Mensch zum Arbeitstier?**

Vortrag von Prof. Dr. Josef H. Reichholf (Kommission für Ökologie) in der Reihe „Brücken und Übergänge“

Plenarsaal

16.00 Uhr

Montag, 15. Oktober 2012

**„Lust an der Wortklauberey“. 175 Jahre
Erforschung der Dialekte in Bayern**

Symposium der Kommission für Mundartforschung, in Kooperation mit der Johann-Andreas-Schmeller-Gesellschaft

Phil.-hist. Sitzungssaal

ganztägig

Dienstag, 16. Oktober 2012

**Hidden Champions. Was prägt den Erfolg
der deutschen Wirtschaft?**

Podiumsdiskussion in der Reihe „aktuell & kontrovers“, mit Prof. Dr. Monika Schnitzer (LMU München/BAdW), Prof. Dr. Christiane Hipp (Cottbus), Prof. Dr. Ulrich L. Rohde (Cottbus) und Dr. Georg Tacke (Simon-Kucher & Partners) Moderation: Elisabeth Dostert, Süddeutsche Zeitung

Plenarsaal

18.00 Uhr

Mittwoch, 17. Oktober 2012

Fachvorträge im Förderkolleg

Dr. Katrin Dennerlein (Würzburg): Das Komische in der Komödie des 18. Jahrhunderts. Erscheinungsweisen und Funktionswandel

Prof. Dr. Alexandra Kirsch (TU München): Human-Centered Artificial Intelligence

Math.-nat. Sitzungssaal

15.00–17.30 Uhr

Samstag, 27. Oktober 2012

**Tag der offenen Tür
auf dem Forschungscampus Garching**

Das Leibniz-Rechenzentrum und das Walther-Meißner-Institut für Tieftemperaturforschung der BAdW stellen sich vor

*Forschungscampus
85748 Garching*

11.00–18.00 Uhr

Programm: www.forschung-garching.de/

NOVEMBER 2012

Montag, 5. November 2012

**SOLIDO PROCEDEBAT ELEPHANS IN PONTEM –
von Päpsten, Eselsbrücken
und schlittenfahrenden Elephanten**

Vortrag von Dr. Martin Fiedler (Kommission für die Herausgabe eines mittellateinischen Wörterbuches) in der Reihe „Brücken und Übergänge“

Plenarsaal

16.00 Uhr

Montag, 5. November 2012

**Die Inschriften des Landkreises
Weilheim-Schongau**

Buchpräsentation der Kommission für die Herausgabe der Deutschen Inschriften des Mittelalters und der frühen Neuzeit

Stadttheater Weilheim

Theatergasse 1, 82362 Weilheim

19.00 Uhr

Mittwoch, 7. November 2012

Fachvorträge im Förderkolleg

Dr. Michael Pecka (LMU München): Kontext-Sensitivität der neuronalen Verarbeitung beim Richtungshören unter realistischen akustischen Bedingungen

Dr. Cynthia M. Sharma (Würzburg): Funktionale Charakterisierung von kleinen regulatorischen RNAs im Humanpathogen *Helicobacter pylori*

Math.-nat. Sitzungssaal

15.00–17.30 Uhr

Montag, 12. November 2012

1972 – 2012 – 2052:

**Unsere Erde – entwaldet, entwässert, geflutet?
40 Jahre Zukunftsberichte Club of Rome**

Podiumsdiskussion in der Reihe „aktuell & kontrovers“, u. a. mit Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich (TU München), Prof. Dr. Lenelis Kruse-Graumann (Heidelberg), Prof. Dr. Reinhold Leinfelder (FU Berlin) und Prof. Dr. Wolfgang Haber (TU München)

Plenarsaal

18.00 Uhr

Montag, 26. November 2012

**Das ist die Höhe! Zur globalen Vermessung der
dritten Dimension**

Vortrag von Dr. Christian Gerlach (Kommission für Erdmessung und Glaziologie) in der Reihe „Brücken und Übergänge“

Plenarsaal

16.00 Uhr

Vom Stein aufs Papier

Vom Klingelschild bis zum Verkehrszeichen: Inschriften prägen unseren Alltag. Die Inschriftenkommission der Akademie arbeitet ihre historischen Vorläufer auf. Unter dem Motto „Vom Stein aufs Papier“ führt Dr. Christine Steininger am **Freitag, 19. Oktober 2012**, von 16.00 bis 17.30 Uhr rund um die Münchner Frauenkirche (im Bild die Grabtafel der 1601 verstorbenen Petronella Stromair) und erklärt, was Inschriften über die Geschichte erzählen und wie sie für die wissenschaftliche Forschung, die Denkmalpflege und die Stadtgeschichte aufbereitet werden. ■

Nur mit VHS-Anmeldung unter www.mvhs.de

Treffpunkt: Frauenkirche (Haupteingang), Frauenplatz, 80331 München



Auf einen Blick

Die Bayerische Akademie der Wissenschaften, gegründet 1759 von Kurfürst Max III. Joseph, ist eine der größten und ältesten Wissenschaftsakademien in Deutschland. Sie ist zugleich Gelehrten-gesellschaft und Forschungseinrichtung von internationalem Rang.



Eine Postkartenserie informiert über die Akademie. Motive aus den geistes- und naturwissenschaftlichen Projekten zeigen die Bandbreite ihrer Aufgaben, etwa in der Tieftemperaturforschung und Supraleitung. Das Set mit acht Motiven ist an der Pforte der Akademie zum Preis von 7,00 Euro erhältlich.

Sie interessieren sich für die Veranstaltungen des Hauses oder die Zeitschrift „Akademie Aktuell“? Gerne nehmen wir Sie in unseren Verteiler auf.

KONTAKT

Dr. Ellen Latzin
Tel. 089-23031-1141
presse@badw.de

Gelehrte Gesellschaft ...

Die Mitglieder bilden die Gelehrte Gesellschaft der Akademie. Satzungsgemäß müssen sie durch ihre Forschungen zu einer „wesentlichen Erweiterung des Wissensbestandes“ beigetragen haben. Eine Selbstbewerbung ist nicht möglich. Die ordentlichen Mitglieder, mit Wohnsitz oder Dienstort in Bayern, sind stimmberechtigt und zur Teilnahme an den Sitzungen und Arbeiten der

Akademie verpflichtet. Derzeit hat die Akademie 170 ordentliche und 148 korrespondierende Mitglieder sowie ein Ehrenmitglied. Für den exzellenten Nachwuchs in Bayern rief die Akademie 2010 ihr Förderkolleg ins Leben, das den Mitgliedern neben finanzieller Unterstützung ein hochkarätiges Forum für den interdisziplinären Austausch bietet.

Sie treffen sich u. a. regelmäßig mit dem Präsidenten und ihren Mentoren in der Akademie.

... und außeruniversitäre Forschungseinrichtung

Die rund 330 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Akademie betreiben in 38 Kommissionen Grundlagenforschung in den Geistes- und Naturwissenschaften. Der Schwerpunkt liegt dabei auf langfristigen Vorhaben, die die Basis für weiterführende Forschungen liefern und die kulturelle Überlieferung sichern, darunter kritische Editionen, wissenschaftliche Wörterbücher sowie exakt erhobene Messreihen. Die Bayerische Akademie der Wissenschaften, die seit 1959 im Nordostflügel der Münchner Residenz beheimatet ist, ist ferner Trägerin des Leibniz-Rechenzentrums, eines der drei nationalen Höchstleistungsrechenzentren, und des Walther-Meißner-Instituts für Tieftemperaturforschung. Beide Einrichtungen haben ihren Sitz in Garching bei München.

Mit regelmäßigen Veranstaltungen – auch in Kooperation mit Universitäten und anderen Wissenschaftseinrichtungen – wendet sich die Akademie an das wissenschaftliche Fachpublikum, aber auch an die interessierte Öffentlichkeit: Vortragsreihen, Podiumsdiskussionen oder Gesprächs-abende informieren über aktuelle Entwicklungen und neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Forschung.

Impressum

HERAUSGEBER

Prof. Dr. rer. nat. Karl-Heinz Hoffmann
Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (BAdW)

KONZEPT UND CHEFREDAKTION

Dr. Ellen Latzin
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der BAdW

ART DIRECTION

Tausendblauwerk, Michael Berwanger
info@tausendblauwerk.de
www.tausendblauwerk.de

VERLAG UND ANSCHRIFT

Bayerische Akademie der Wissenschaften
Alfons-Goppel-Straße 11, 80539 München
Tel. 089-23031-0
info@badw.de

ISSN 1436-753X

ANZEIGEN

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der BAdW

HERSTELLUNG

Landesamt für Vermessung und Geoinformation
Alexandrastraße 4, 80538 München

REDAKTIONSSCHLUSS DIESER AUSGABE

21. August 2012

Erscheinungsweise: 4 Hefte pro Jahr. Der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag der Freunde der BAdW enthalten. Die Texte dürfen nur mit Genehmigung der BAdW reproduziert werden, um ein Belegexemplar wird gebeten. Die Wiedergabe der Abbildungen ist mit den Inhabern der Bildrechte abzuklären. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Sie finden das Magazin auch unter www.badw.de.